



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia Eletrônica

Ontologia de arquivos multimídia como ferramenta de auxílio na classificação do câncer de mama

Autor: Maria Tereza Dourado Melo
Orientador: Dr. Gerardo Antonio Idrobo Pizo

Brasília, DF
2019



Maria Tereza Dourado Melo

Ontologia de arquivos multimídia como ferramenta de auxílio na classificação do câncer de mama

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Eletrônica.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Dr.Gerardo Antonio Idrobo Pizo

Brasília, DF

2019

Maria Tereza Dourado Melo

Ontologia de arquivos multimídia como ferramenta de auxílio na classificação do câncer de mama/ Maria Tereza Dourado Melo. – Brasília, DF, 2019-
90 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Dr.Gerardo Antonio Idrobo Pizo

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2019.

1. Ontologia. 2. Modelagem Tridimensional. 3. Ensino-aprendizagem. I.
Dr.Gerardo Antonio Idrobo Pizo. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade
UnB Gama. IV. Ontologia de arquivos multimídia como ferramenta de auxílio na
classificação do câncer de mama

CDU 02:141:005.6

Maria Tereza Dourado Melo

Ontologia de arquivos multimídia como ferramenta de auxílio na classificação do câncer de mama

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Eletrônica.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 11 de Dezembro de 2019:

Dr.Gerardo Antonio Idrobo Pizo
Orientador

Prof.a Dra. Gabriela Cunha Possa
Convidado 1

Prof. M.Sc Vladimir França Nogueira
Convidado 2

Brasília, DF
2019

Agradecimentos

Agradeço a Deus que conduziu meu caminho durante essa caminhada, por ser essencial na minha vida e por proporcionar força, disposição e discernimento ao longo dessa jornada.

Agradeço ao meu pai João e minha mãe Maria, por todo apoio e confiança depositados em mim, por estarem presentes em todos os momentos da minha vida e por não medirem esforços para que eu completasse essa jornada acadêmica.

A minha irmã Luciana, que de forma especial me deu coragem, me incentivou e torceu para que esse dia chegasse.

Aos meus amigos e companheiros de projeto, em especial Daniel Braga, Henderson Matsuura, Vitor Hugo, Henrik D'Oark e Vladimir França.

Aos meus professores pela dedicação, sabedoria e conhecimento que possibilitaram a concretização deste trabalho.

A banca examinadora pela disponibilidade de participar e pelas contribuições pessoais acerca da monografia.

Em memória a minha orientadora Profa. Dra. Lourdes Mattos Brasil, pela qual tenho grande admiração e respeito, por todas as incontáveis horas de discussão, apoio técnico e por sua amizade.

Ao Prof. Dr. Gerardo que me recebeu com muita atenção e compreensão, por seus ensinamentos, sugestões e todo auxílio depositados para concretização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa de estudo concedida no período entre 2014 e 2015 e a todas as instituições e laboratórios que contribuíram com a disponibilização de espaço e equipamentos.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

Resumo

O crescimento exponencial de informações na área da saúde em conjunto com a evolução das necessidades nesta área, acarretou o uso de tecnologias a fim de sistematizar dados e melhorar o compartilhamento e acesso destes. Pesquisas que abordam a tríade saúde, tecnologia e educação médica têm sido realizadas com o propósito de aprimorar o gerenciamento dessa alta quantidade de dados, bem como, na redução de problemas relacionados ao ensino e execução de procedimentos médicos. A partir da observação das dificuldades enfrentadas por estudantes e profissionais da área da saúde, verificou-se a necessidade da produção de uma técnica suplementar ao processo de ensino-aprendizagem. Neste cenário, propõe-se neste trabalho uma ontologia no domínio do câncer de mama que em paralelo a técnicas de Realidade Virtual tem o propósito de demonstrar uma maneira interativa de ensino. Para tanto, foi empregada a metodologia *Methontology* no processo de elaboração da ontologia e para demonstração visual do câncer fez uso da Modelagem Tridimensional. O modelo de ontologia promove melhorias na questão da manipulação e administração de informações e também, evita problemas de interoperabilidade semântica garantindo que as informações sejam corretamente interpretadas pelo receptor. A padronização e ordenação nos conteúdos implementados na ontologia é o que facilita o compartilhamento de informações e o refinamento de buscas. Em relação a Modelagem Tridimensional identifica-se melhor percepção visual o que aumenta a compreensão do objeto de estudo, sendo então, uma complementação ao conteúdo descrito na ontologia. Dessa forma, pode ser observado que a união entre saúde e tecnologia pode promover avanço considerável quando aplicado no processo de ensino de estudantes e profissionais em saúde. Além disso, contribui na realização de diagnósticos e tratamentos e pode aumentar possibilidades de cura e prevenção de doenças.

Palavras-chaves: Ontologia; Modelagem Tridimensional; Ensino-aprendizagem.

Abstract

The high growth in health information next to the evolution of the necessities in this area brought the technologies use in order to systematize the data and to improve the sharing and access of this. Researches about health, technology and medical education has been developed in order to perfecting the data management, as well as, to reduce problems related medical procedures teaching and execution. From the difficulties faced by students and health professionals, there was the need for the production of an additional technique to teaching-learning process. So, a breast cancer classification ontology is proposed and next to Virtual Reality techniques intended to demonstrate a teaching interactive way. Therefore, the methodology named Methontology was used in ontology development and for cancer visual demonstration was used Three-Dimensional Modeling. The ontology model improvement the manipulation and management information process and avoids problems of communication ensuring that the information is correctly interpreted by the receiver. The standard and ordering in implemented content it is the easier factor that share information and refine searches. In relation to Three-Dimensional Modeling, better visual perception it was identified and this increases the study object comprehension. Then it is a complement to the content described by ontology. Thus, can be observed that the union between health and technology can promote progress when applied in the teaching process of students and health professionals. In addition, it contributes to the performance of diagnoses, treatments and can increase cure and diseases prevention.

Key-words: Ontology; Three-Dimensional Modeling; Teaching-learning.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Modelo anatômico da MedRom	24
Figura 2 – Criando um tumor em Realidade Virtual	25
Figura 3 – Tumor em 3D	26
Figura 4 – Anatomia da mama feminina	28
Figura 5 – Rede linfática da mama feminina	29
Figura 6 – Carcinoma ductal	31
Figura 7 – Carcinoma lobular	31
Figura 8 – Formato de uma massa mamária	35
Figura 9 – Margens da massa mamária	35
Figura 10 – Densidade de massa mamária	36
Figura 11 – Punção Aspirativa por Agulha Fina	38
Figura 12 – Biópsia com agulha grossa	38
Figura 13 – Organização da <i>Methontology</i>	49
Figura 14 – Seleção do depurador de ontologias	52
Figura 15 – Ambiente do depurador de ontologias	52
Figura 16 – Recurso <i>Active ontology</i>	53
Figura 17 – Ontologias importadas	53
Figura 18 – Integração dos modelos selecionados	54
Figura 19 – Arquivo final	57
Figura 20 – Declaração de classes	57
Figura 21 – Declaração de subclasses	58
Figura 22 – Declaração de uma sub-propriedade: indicação do <i>Domain</i>	58
Figura 23 – Declaração de uma sub-propriedade: indicação do <i>Range</i>	58
Figura 24 – Arquivo OWLVIZ	59
Figura 25 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 1	60
Figura 26 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 2	61
Figura 27 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 3	62
Figura 28 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 4	63
Figura 29 – Gráfico semântico	63
Figura 30 – Interpretação do comportamento simulado	64
Figura 31 – Ontologias integradas	64
Figura 32 – Ontologias integradas renomeadas	65
Figura 33 – Fluxograma 1	65
Figura 34 – Gráfico semântico das ontologias A e B	66
Figura 35 – Fluxograma 2	66
Figura 36 – Gráfico semântico das ontologias A e C	67

Figura 37 – Validação da ontologia Oncologia Mamária.	67
Figura 38 – Validação das ontologias integradas	67
Figura 39 – Arquivo multimídia do carcinoma Lobular	69
Figura 40 – Comparação do modelo do carcinoma Lobular	69
Figura 41 – Arquivo multimídia do corpo da mulher.	70
Figura 42 – Arquivo multimídia dos Ductos, Lóbulos e Lobos	70
Figura 43 – Arquivo multimídia dos Tecido Glandular, Mamilo e Aréola	71
Figura 44 – Arquivo multimídia dos Linfonodos	71

Lista de tabelas

Tabela 1 – Forma da massa mamária	34
Tabela 2 – Margens da massa mamária	35
Tabela 3 – Densidade de massa mamária	36
Tabela 4 – Classificação BI-RADS	37

Sumário

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Contextualização	19
1.2	Definição do problema	20
1.3	Justificativa	21
1.4	Objetivos	22
1.4.1	Objetivos Específicos	22
1.5	Apresentação do manuscrito	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Revisão da Literatura	23
2.2	Trabalhos correlatos	23
2.3	Mama Feminina	27
2.3.1	Anatomia da mama	27
2.3.2	Neoplasia Mamária	30
2.3.3	Fatores de Risco	32
2.3.3.1	Idade	32
2.3.3.2	Fatores endócrinos e História reprodutiva	32
2.3.3.3	História familiar	33
2.3.3.4	Estilo de vida	33
2.3.4	Sinais e Sintomas	33
2.3.5	Métodos de Diagnóstico	34
2.3.6	Prognóstico	39
2.3.7	Tratamento	39
2.4	Realidade Virtual	40
2.4.1	Modelagem Tridimensional	41
2.4.2	Ferramentas para modelagem tridimensional	43
2.5	Ontologia	44
2.5.1	Definição de ontologia	44
2.5.2	Modelagem ontológica	46
2.5.3	Ferramentas para criação de ontologias	48
3	METODOLOGIA	49
3.1	Construção do modelo ontológico	49
3.2	Obtenção dos arquivos multimídia: imagem dos modelos 3D	54
4	RESULTADOS	57

4.1	Modelo ontológico	57
5	ARQUIVOS MULTIMÍDIA: IMAGENS DOS MODELOS 3D	69
6	DISCUSSÃO	73
7	CONCLUSÃO	75
8	TRABALHOS FUTUROS	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICES	85
	APÊNDICE A – PRIMEIRO APÊNDICE	87

1 Introdução

1.1 Contextualização

A Realidade virtual (RV) abrange tecnologias inovadoras no desenvolvimento de aplicações que permitem uma interação entre o homem e a máquina. Segundo Silva *et al.* (2017) com o uso de dispositivos multissensoriais, navegação em espaços tridimensionais (3D), imersão no contexto da aplicação e interação em tempo real, os usuários têm uma percepção mais autêntica da realidade. Tori, Kirner e Siscouto (2006) afirmam que a RV envolve conceitos provenientes de diferentes áreas como Engenharias, Computação, Física, e também da área específica da aplicação à qual ela se destina. Essa tecnologia tem se difundido como uma importante ferramenta para educação porque pode contribuir e impulsionar o desenvolvimento de novas soluções para auxílio ao processo de aprendizado. Na área da saúde, Tori *et al.* (2018) pontua que técnicas de RV podem contribuir na formação dos futuros profissionais já que permitem a execução de tarefas como, por exemplo, o treinamento de procedimentos em Ambientes Virtuais (AV).

A modelagem tridimensional (3D) é uma importante aliada da RV devido a sua capacidade de reproduzir e simular diferentes situações com alto grau de similaridade em relação a sistemas reais, e também realiza papel fundamental na idealização dos AV e dos objetos que o compõem (TORI *et al.*, 2018). Pode ser realizada por meio de linguagens como a *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) além de outras linguagens e ferramentas como os programas *Computer Aided Design* (CAD) (FORTE, 2018). O uso de modelos 3D permite uma melhor visualização espacial do objeto de estudo porque o observador pode analisar o objeto em diferentes ângulos e dessa forma, é de fundamental importância já que define as características que o compõe.

Segundo Nunes *et al.* (2018), na oncologia, área de estudos de câncer, tem mostrado-se bastante útil devido à variedade de recursos oferecidos que proporcionam aumento na compreensão do câncer, na segurança de procedimentos, na busca por novos tratamentos e na qualidade de vida dos pacientes. Segundo Mendes *et al.* (2013) a prática da modelagem 3D permite que pesquisadores e médicos possam estudar e compreender detalhes relativos ao câncer, uma vez que, a partir dela os usuários podem percorrer o interior do corpo humano e acessar particularidades do fenômeno estudado. Ainda segundo o autor, aplicada na oncologia mamária, essa nova perspectiva pode mudar a forma como a doença é diagnosticada e tratada além de contribuir para a criação de novas terapias.

Junto a modelagem 3D a *Web Semântica* tem ocupado uma importante posição dentro da área médica devido a sua capacidade de padronizar conceitos, organizar dados e refinar buscas (SEGUNDO, 2014). Estudos de Vidoti *et al.* (2019) afirmam que a *Web semântica* é uma extensão da *World Wide Web* (WWW) e se destaca pela forma como estrutura conteúdos e informações disponibilizados na internet tendo como finalidade estabelecer um significado à estes conteúdos.

Monteiro (2013) afirma que um dos pilares da *Web semântica* é a ontologia, designada como um modelo de dados que representa uma série de conceitos de uma especialidade. Este recurso tem sido alvo de pesquisas e investigações em diferentes campos do conhecimento destacando-se na medicina. A título de exemplo, o Departamento de Informática Médica da Universidade de Stanford desenvolveu uma ferramenta designada *Protegé* para edição de ontologias (PROTEGE, 2019). Inicialmente, o *Protegé* era limitado a um Sistema Especialista (SE) para oncologia chamado Oncocin (GENNARI *et al.*, 2003), mas, na atualidade, é empregado em inúmeros contextos. Na oncologia mamária a principal razão da aplicabilidade de ontologias é a forma como uniformiza as descrições sobre o câncer de mama, o que garante que pesquisadores em diferentes localidades trabalhem com a utilização do mesmo vocabulário.

1.2 Definição do problema

Segundo Bland (1993) o câncer de mama é uma doença causada pelo crescimento desordenado de células da mama que se multiplicam, geram células anormais e formam um tumor. É o tipo de câncer mais comum entre as mulheres no mundo correspondendo a 25% dos casos novos por ano, e no Brasil, esse percentual é de 29% (INCA, 2019). Devido a relevância desta doença, nota-se a importância dos investimentos em tecnologias de forma a proporcionar melhor assistência, aprimorar a pesquisa, o ensino e a prevenção.

A busca por novas terapias e curas para o câncer envolve o estudo de disciplinas como anatomia e fisiologia, que consistem em matérias básicas e essenciais no ensino da área das ciências da saúde (BLAND; III, 1993). Os métodos de ensino nas disciplinas referidas são considerados conservadores, contudo, no atual contexto social, no qual tem sido impulsionado o uso de tecnologias em situações diversas (PESSONI; GOULART, 2015), tem-se discutido a necessidade de promover alterações nos métodos de ensino.

Em vista disso, este trabalho será elaborado visando o desenvolvimento de uma alternativa aplicável ao ensino em saúde: um modelo de ontologia de arquivos multimídia para classificação do câncer de mama, contemplando conceitos que auxiliam na caracterização da doença. A ontologia será responsável pela representação dos conceitos relativos ao câncer de mama, e para representar os arquivos multimídia, será utilizada a modelagem 3D, que fornece a percepção visual de um determinado tipo de câncer.

1.3 Justificativa

O Brasil é atualmente um dos países com maior quantidade de cursos de saúde, em especial de medicina, devido à proposta prevista na lei nº 12.871 de 2013 conhecida como a lei Mais Médicos ([BRASIL, 2013](#)). Esta lei impulsionou a abertura de novas escolas como tentativa de redução da carência de médicos em determinadas regiões do Brasil, no entanto, boa parte dessas escolas atua com deficiências na infraestrutura, sem corpo docente qualificado e atividades práticas insuficientes ([BRASIL, 2013](#)). Neste cenário, tem crescido a percepção de que o processo tradicional de ensino aprendizagem da prática clínica deve realizar profundas alterações para garantir uma formação técnico-científica qualificada ([WARDENSKI; STRUCHINER; GIANELLA, 2018](#)).

Conforme um levantamento realizado pelo Conselho Federal de Medicina (CFM), inúmeras escolas e instituições de ensino médico estão sujeitas a problemas, dentre eles, existe a falta de infraestrutura em edifícios e laboratórios e a ausência de um corpo docente satisfatório ([CFM, 2015](#)). Observa-se que cada vez mais a área da saúde tem se firmado como um campo de prática e conhecimento para profissionais e estudiosos da área de tecnologia. Na perspectiva de que o modelo de ensino tradicional não corresponde às necessidades das práticas médicas no hospital, busca-se nesse estudo consolidar um corpus de conhecimento que enriqueça o debate acerca da inserção de tecnologias neste setor.

A RV é um espaço de desafios e inquietações capazes de gerar possibilidades na medida em que também se configura como um espaço de promoção da saúde e da educação. Segundo [Pessoni e Goulart \(2015\)](#) a RV é um exemplo de tecnologia que está se difundindo e ganhando mais importância dentre as tecnologias existentes e utilizadas para minimizar os problemas relacionados ao ensino na área da saúde, isto porque pode ser empregada nos mais variados contextos. Na área de oncologia por exemplo, pode promover considerável incremento no campo do diagnóstico e tratamento contribuindo para reabilitação dos pacientes.

A tecnologia se mostra fundamental para os avanços no campo da área médica, isto porque, tem sido elementar na formação dos profissionais bem como tem proporcionado benefícios para a gestão e a administração da saúde. Além de auxiliar no diagnóstico e na realização de procedimentos, clínicos e cirúrgicos, facilita a administração das atividades, dos recursos materiais, humanos e financeiros, como apresenta o trabalho de [Roth et al. \(2013\)](#). Os autores propõem uma ferramenta de gerenciamento e consulta de grandes quantidades de informações disponíveis em textos clínicos baseado nos conceitos de *Web Semântica* e fazendo uso de uma ontologia, atua na organização desses dados que apresentem vocabulário pré-definido ([Roth et al., 2013](#)). Dessa forma, percebe-se que o encontro entre educação, saúde e tecnologia favorece a promoção de estudos e a formação de futuros profissionais da área de medicina e além disso pode garantir a proteção cognitiva, física, social, motora, afetiva e emocional do paciente.

1.4 Objetivos

Desenvolver um modelo de ontologia para caracterização e classificação do câncer de mama a fim de auxiliar o processo de aprendizado e compreensão em oncologia mamária.

1.4.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, têm-se:

- Descrever os aspectos anatômicos referentes as estruturas da mama e do corpo feminino;
- Apresentar aplicações de Realidade Virtual em oncologia mamária;
- Apresentar aplicações de Ontologias em oncologia mamária;
- Conceituar metodologias para construção de ontologias;
- Aplicar um modelo de ontologia na caracterização do câncer de mama;
- Compor um modelo 3D para caracterização do carcinoma lobular;
- Apresentar imagens dos arquivos multimídia a serem conceituados pela ontologia;

1.5 Apresentação do manuscrito

Para melhor compreensão dos tópicos abordados a monografia está organizada em oito capítulos, sendo o primeiro deles esta introdução. Nesta primeira etapa é apresentado a contextualização, definição do problema, justificativa e os objetivos do trabalho.

O capítulo 2 aborda a revisão bibliográfica e apresenta inicialmente o processo de revisão adotado, seguido dos pontos relevantes a pesquisa: estudo sobre a mama feminina, realidade virtual e ontologia.

O capítulo 3 detalha a metodologia utilizada na execução do trabalho. Os resultados obtidos são apresentados no capítulo 4, os arquivos multimídia no capítulo 5, seguido da discussão no capítulo 6, com a apresentação dos principais pontos que envolvem o trabalho. O capítulo 7 esclarece as conclusões da pesquisa e por fim, o capítulo 8 destaca as etapas futuras e sugere tarefas que possam acrescentar e melhorar a ideia proposita.

2 Referencial Teórico

Este capítulo traz uma revisão bibliográfica que ressalta, a princípio, trabalhos desenvolvidos semelhantes a ideia proposta. Também, são apresentados conceitos acerca da anatomia da mama feminina e fatores relacionados ao câncer de mama. Logo após, são apresentados aspectos das tecnologias realidade virtual e ontologia.

2.1 Revisão da Literatura

Este trabalho considerou em sua pesquisa bibliográfica, a busca por livros, teses, dissertações, monografias e artigos de periódicos, revistas ou eventos científicos provenientes das seguintes fontes: Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), PubMed, *Association for Computer Machinery* (ACM), e de bibliotecas universitárias tais como DEDALUS: Banco de Dados Bibliográficos da USP, SABI: Catálogo Online da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Repositório Institucional da UnB.

2.2 Trabalhos correlatos

Dado que a RV pode desenvolver sistemas alternativos para o trabalho educacional de procedimentos médicos, a criação de ambientes em que é possível inserir o usuário em cenários que simulem o mundo real é algo extremamente desejável e aplicável. A grande vantagem desta tecnologia é o contato imersivo e interativo com ambientes que reproduzem de forma convincente o universo realista. Uma aplicação que tem se mostrado eficaz é chamada de MedRoom.

A MedRoom, idealizada e criada por Vinicius Gusmão e Sandro Nhaia, se fundamenta nas técnicas de imersão junto às estratégias de gamificação com o intuito de criar experiências aos usuários ([MEDROOM, 2019](#)). É possível percorrer o modelo anatômico desenvolvido pela MedRoom, conforme apresentado na Fig. (1), com uso de dispositivos como óculos específicos de RV e controles como *joysticks* ([MEDROOM, 2019](#)). Em uma entrevista realizada pelo Projeto *Draft* ([GUSMÃO, 2018](#)) afirma que: “Assim, os alunos do primeiro e segundo ano de medicina navegam pelos órgãos, veem o coração batendo, as artérias pulsando e o pulmão respirando, tudo em 3D”.



Figura 1 – Modelo anatômico da MedRom

Fonte: (MEDROOM, 2019)

A proposta consiste em um modelo 3D completo do corpo feminino que pode ser acessado com uso de controles e proporciona ao aluno a imersão em estruturas anatômicas, possibilitando assim, que seja estabelecida a relação teoria-prática de modo educativo e dinâmico (MEDROOM, 2019). A Medroom foi criada em parceria com o Hospital Albert Einstein, e propõe ao usuário desde a prática da avaliação inicial (anamnese) até a sugestão de tratamentos ao paciente, o que contribui com todo conhecimento a ser adquirido pelo aluno e o permite consolidar a aprendizagem por meio de experimentos (MEDROOM, 2019).

Pesquisadores do *Cancer Research UK Cambridge* e do *Wellcome Trust Sanger Institute*, que compõem o Centro de Pesquisa do Câncer da Universidade de Cambridge, liderados pelo Professor Greg Hannon, desenvolveram um modelo 3D de um tumor como uma estratégia inovadora de examinar o comportamento do câncer (UK, 2019). Para eles, esta tecnologia permite a análise em detalhes da composição de cada célula já que existe a possibilidade de examinar diferentes ângulos e particularidades do objeto em estudo, e dessa forma, compreender como um todo o comportamento do fenômeno em análise (HANNON, 2017; STRATTON, 2017).

Segundo o Professor Hannon (2017): “Queremos criar um mapa interativo, fiel e 3D dos tumores, que possa ser estudado em realidade virtual, para que os cientistas possam entrar nessas células e examiná-las detalhadamente”. Ele ainda diz que “Ao fazer isso, poderíamos aprender mais sobre os tumores e começar a responder a perguntas que iludiram os cientistas do câncer por muitos anos”.

Para desenvolvimento do modelo, os pesquisadores envolvidos realizaram uma biópsia do tecido tumoral de uma mama e seccionaram a amostra em diferentes partes, para em seguida, escanear cada parte, conforme apresenta a Fig. (2) (UK, 2019). Destacaram cada fração de modo a identificar a composição molecular da amostra e logo após, deu-se início a modelagem 3D do objeto como pode ser observado na Fig. (3). O professor Stratton (2017), outro pesquisador envolvido no projeto, afirma que: “O principal objetivo do nosso grande desafio é entender as causas do câncer. Todo câncer retém um rastro arqueológico, um registro em seu DNA, do que o causou. É esse registro que queremos explorar para descobrir o que causou o câncer”.

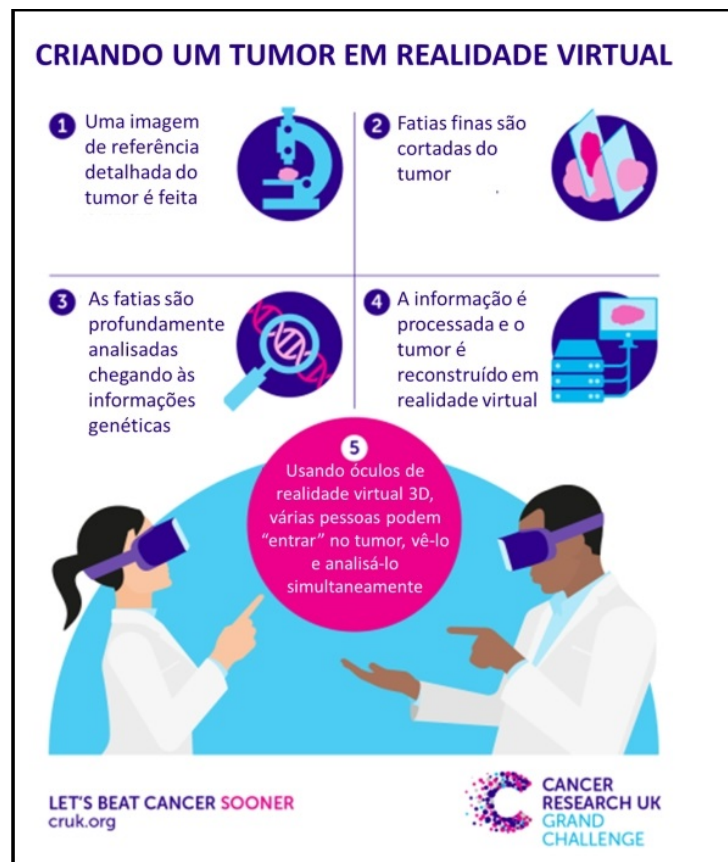


Figura 2 – Criando um tumor em Realidade Virtual

Fonte: (UK, 2019)

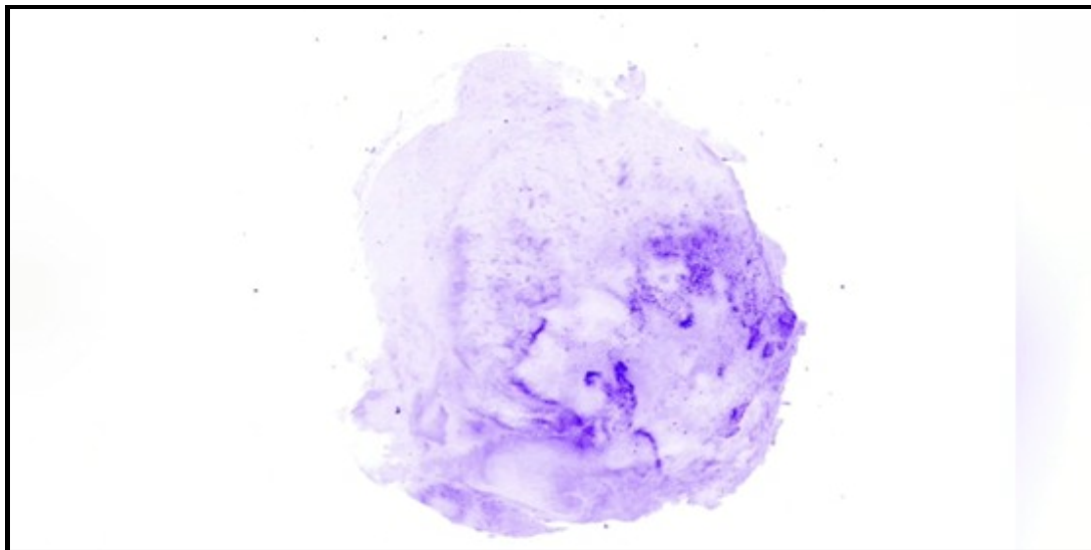


Figura 3 – Tumor em 3D

Fonte: Adaptado pelo autor ([UK, 2019](#))

Isac *et al.* (2013) desenvolveram um trabalho que apresenta o uso de ontologias em sistemas como ferramenta para a representação do conhecimento acerca de imagens médicas relacionadas ao câncer de mama. O autor revela que inúmeros modelos de ontologia foram desenvolvidas para a estruturação de conhecimento no domínio de imagens médicas, em que muitas delas se tornaram padrões aceitos (Isac *et al.*, 2013). Há ainda um destaque para o sistema *Nottingham Grading System* (NGS), uma importante ferramenta pode apresentar relevância para o prognóstico de câncer de mama ([SHUKLA *et al.*, 2018](#)). Isac *et al.* (2013) conclui que há necessidade de que as informações sejam organizadas de modo a possuírem fácil entendimento para os usuários e também, devem ser armazenadas de forma ordenada para maximizar sua usabilidade.

O trabalho de Dias *et al.* (2011) apresenta as vantagens do uso de ambientes de RV associados com a aplicação da tecnologia *Web Semântica*, fazendo uso de uma ontologia para o ensino na área de odontologia. O autor utiliza a ontologia para definição de conceitos que serão utilizados para o registro de informações multimídia (conceitos, imagem e vídeo) e modelos virtuais 3D. Dessa forma, quando um usuário manipula o modelo 3D de uma determinada estrutura ortodôntica ele pode ter acesso ao conteúdo multimídia, uma imagem, vídeo ou informação textual, que apresenta mais detalhes sobre tal elemento e amplia sua compreensão (Dias *et al.*, 2011).

Bogdan (2011) desenvolveu um trabalho que objetiva aumentar a qualidade do processo educacional em faculdades odontológicas, sendo a ideia principal do projeto auxiliar os alunos a preparar próteses para restaurações cerâmicas utilizando para isso, um *software* baseado em RV e *e-learning*. O programa de Bogdan (2011) é composto por uma ontologia no domínio de odontologia utilizada na descrição de termos relativos a ação de ranger de dentes para a anotação de informações multimídia. As pesquisas de

Dias (2011) e de Bogdan (2011) pretendem facilitar a compreensão em odontologia já que o estudante pode manipular o objeto 3D da estrutura em estudo e acessar, de maneira simultânea, demais informações multimídia, como textos e vídeos, ampliando sua visão acerca do conteúdo.

2.3 Mama Feminina

2.3.1 Anatomia da mama

As mamas são órgãos pares formadas por tecido glandular, tecido conjuntivo e tecido adiposo, estando presentes na classe dos mamíferos em ambos os sexos, porém no sexo masculino não apresentam desenvolvimento no período da puberdade, aumentando seu tamanho e adquirindo formato esférico (BLAND; III, 1993).

Durante a infância as mamas possuem um tamanho rudimentar e começam a se desenvolver durante a puberdade em consequência das alterações hormonais, tendo então, um formato e volume bastante variável já que são influenciados pelas diferentes fases da vida (MOORE; AGUR; II, 2000). A hipófise, uma glândula endócrina, libera os hormônios Folículo Estimulante (FSH) e Luteinizante (LH) que estimulam a maturação dos folículos ovarianos que, por sua vez, liberam estrógeno, hormônio responsável por estimular o desenvolvimento dos ductos e da glândula mamária (MOORE; AGUR; II, 2000). Outro fator responsável por essa alteração, e também o principal, é aumento da quantidade de tecido adiposo que torna esses órgãos mais densos e firmes (BLAND; III, 1993).

Estruturalmente a glândula mamária, ilustrada na Fig. (4), consiste em um sistema de ductos envolvidos por tecido conectivo que não ultrapassam a extremidade da aréola, apresentando como principal função a produção e secreção do leite (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011).

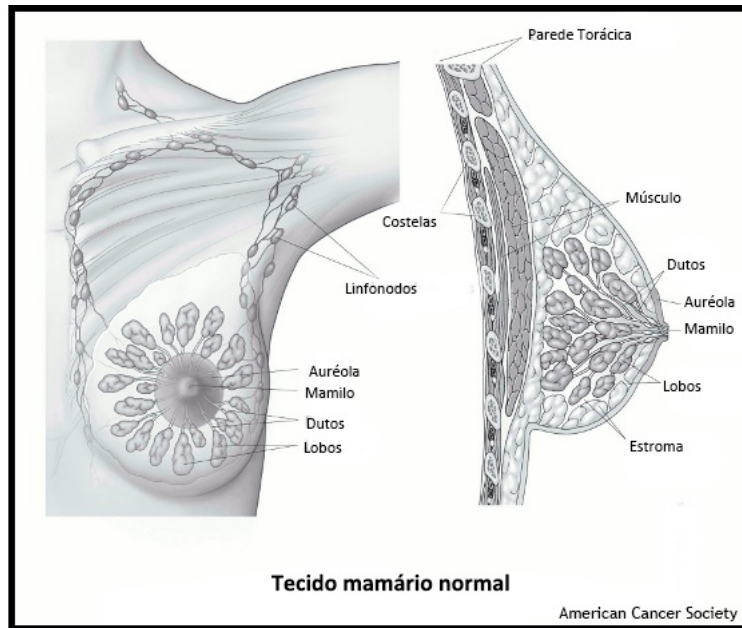


Figura 4 – Anatomia da mama feminina

Fonte: (ACS, 2019)

Conforme Bland (1993) as estruturas da mama são enumeradas como:

1. Ácino: menor parte da glândula, posicionada na porção terminal do ducto e é responsável pela produção do leite durante a lactação;
2. Lóbulo mamário: constituído por um conjunto de ácinos;
3. Lobo mamário: conjunto de lóbulos mamários que se liga à papila através de um ducto;
4. Ductos Lactífero: responsável por conduzir a secreção (leite) em direção a papila;
5. Tecido glandular, Glândula mamária ou Parênquima: conjunto de lobos e ductos;
6. Papila mamária ou Mamilo: protuberância elástica onde desembocam os ductos mamários;
7. Aréola: estrutura central da mama onde se projeta a papila;
8. Ligamentos de Cooper: responsáveis pela retração cutânea nos casos de câncer de mama, são expansões fibrosas que se projetam na glândula mamária.
9. Tecido adiposo: preenche a parte da mama onde não apresenta estruturas. Sua quantidade varia de acordo com as características físicas, estado nutricional e idade da mulher.

A mama é uma estrutura numerosa em relação a quantidade de artérias que partem da artéria torácica interna, atravessando do segundo ao quarto espaço intercostal, e vascularizam o músculo peitoral maior e a parte medial da glândula (ZHANG, 2001; KENHUB, 2019). Recebe ramos da artéria presente na axila, de ramos cutâneos anteriores e laterais das artérias intercostais, que se responsabilizam por irrigar a face profunda da mama enquanto a artéria torácica externa irriga a metade externa da mama (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011; KENHUB, 2019). O retorno venoso se dá por três grupos de veias: ramos perfurantes que alcançam a veia mamária interna, ramos que chegam diretamente à veia axilar e ramos que chegam às veias intercostais (ACS, 2019).

A drenagem linfática mamária, apresentada na Fig. (5), é dividida nos plexos superficial e profundo, de modo que, o plexo superficial realiza o recebimento da linfa proveniente das porções centrais da mama, da pele, da aréola, da papila mamária e escoar sua maior parte em direção à axila (BARACAT; NAZÁRIO; SIMÕES, 1995). O plexo profundo contém uma parte que se expande entre os músculos peitorais maior e menor, drenando para os linfonodos subclávios e para os linfonodos mamários internos (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011).

Existem outras vias de drenagem linfática que provêm principalmente de regiões inferomediais da mama: a rota paramamária de Gerota que drena para o fígado e linfonodos diafragmáticos a partir de vasos linfáticos abdominais, e a via trans mamária, drena para mamas e axilas opostas e para alguns vasos profundos que podem drenar aos linfonodos mediastinais anteriores (ZHANG, 2001; BARACAT; NAZÁRIO; SIMÕES, 1995).

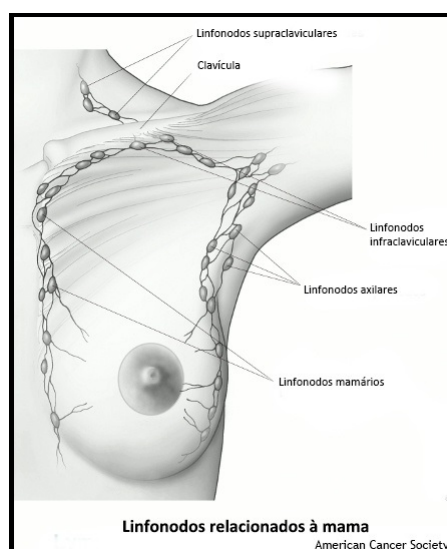


Figura 5 – Rede linfática da mama feminina

Fonte: (ACS, 2019)

2.3.2 Neoplasia Mamária

A neoplasia da mama se desenvolve como consequência de alterações genéticas em algum conjunto de células da mama e é caracterizado pelo fato de se dividir de forma desordenada e às vezes, comprometer outros tecidos e órgãos (ACS, 2019). Esta pode ser classificada em benigna ou maligna baseado em critérios morfológicos e também pelo comportamento clínico que incluem: a diferenciação, anaplasia, velocidade de crescimento, invasão local e metástases (BLAND; III, 1993).

A diferenciação celular está relacionada ao grau de semelhança morfológico e funcional entre as células do parênquima as células saudáveis (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011). Quanto maior a similaridade entre as células do parênquima afetado pelo tumor às do tecido sadio, mais benigno é o tumor, enquanto que a ausência de diferenciação (anaplasia) é um indicativo de tumor maligno e caracteriza-se por apresentar inúmeras alterações (morfológicas, físicas e/ou funcionais) (SMITHUIS, 2019).

Relacionado a velocidade de crescimento, pode-se generalizar que os tumores benignos crescem de forma lenta e os tumores malignos em um ritmo acelerado (GUIMARÃES, 2006). Outro importante fator característico é a capacidade de invasão do tumor. Segundo Bassett *et al* (2000) a propagação de um tumor benigno tende a ser restrita a região de origem, tem bom prognóstico, cresce de modo uniforme sem capacidade de sofrer metástase e infiltrar demais ambientes. Já a neoplasia maligna tem células pouco diferenciadas, crescem de modo veloz e invadem outros tecidos, e por isso, são comumente classificados como cânceres (BASSETT *et al.*, 2000).

É comum se referir a um câncer de acordo com a região da mama onde aparece, podendo receber a classificação: carcinoma ductal quando tem início nos ductos, carcinoma lobular quando tem origem nos lóbulos, dentre outras classificações, contudo não são muito frequentes (BLAND; III, 1993).

O carcinoma ductal, expresso na Fig. (6), tem seu início em um ducto seguido de uma fragmentação da parede deste ducto e se desenvolve no tecido adiposo mamário (BASSETT *et al.*, 2000). Após essa etapa, pode ou não ocorrer metástase, em que as células atingem outras regiões do organismo através da corrente sanguínea ou sistema linfático (BARACAT; NAZÁRIO; SIMÕES, 1995).

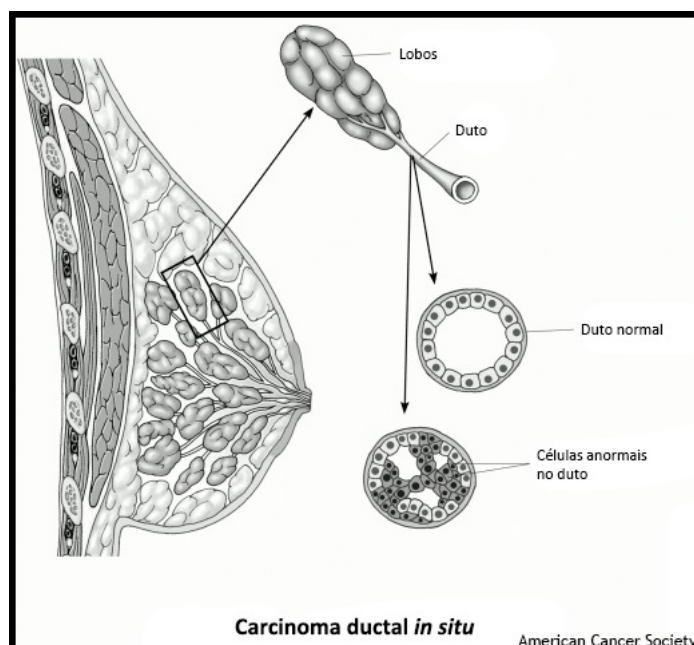


Figura 6 – Carcinoma ductal

Fonte: (ACS, 2019)

O carcinoma lobular ocorre de forma semelhante ao ductal, no entanto, se desenvolve nas glândulas produtoras de leite, como pode ser observado na Fig. (7).

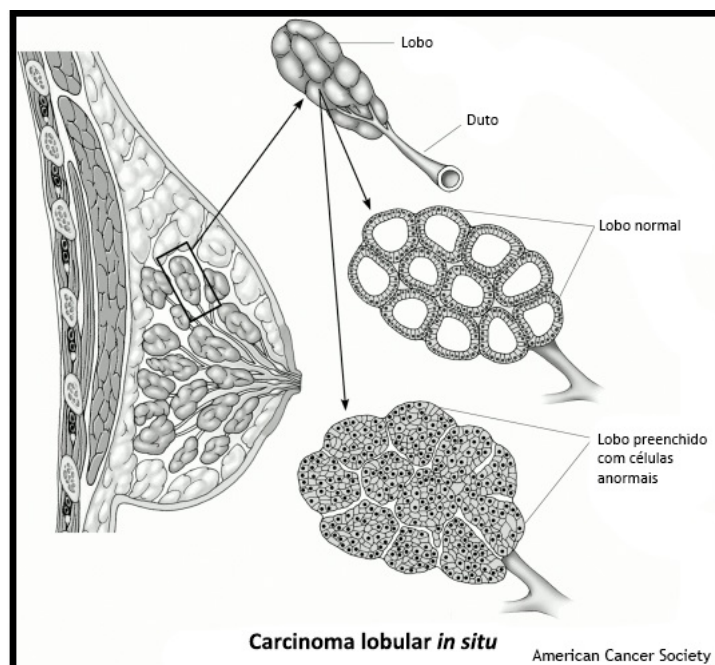


Figura 7 – Carcinoma lobular

Fonte: (ACS, 2019)

O câncer de mama pode se disseminar a partir do momento que as células cancerígenas alcançam a corrente sanguínea ou o sistema linfático e se espalham pelo corpo. Os vasos linfáticos, que são responsáveis por transportar fluido linfático para o exterior da mama, são compostos por subprodutos de tecidos e resíduos e por células do sistema imunológico (LOSTUMBO; CARBINE; WALLACE, 2010). No caso de existência do câncer de mama as células cancerígenas podem alcançar esses vasos linfáticos e multiplicar-se. Quando as células cancerígenas se espalharem para os gânglios linfáticos a probabilidade destas percorrerem pelo sistema linfático e sofrerem metastase é alta e, por isso, quanto maior a quantidade de linfonodos acometidos com células cancerígenas maior o risco de ser encontrado câncer em outros órgãos. (BASSETT et al., 2000).

O câncer é um problema com alto grau de relevância para a saúde pública mundial devido a sua incidência, áreas do corpo que atinge e também o elevado investimento financeiro realizado em procedimentos de prognóstico, diagnóstico e tratamento (INCA, 2019). O câncer de mama é considerado como o tipo de câncer mais frequente em incidência e mortalidade entre a população do sexo feminino (ACS, 2019). Conforme o Instituto Nacional de Câncer (INCA) no Brasil, o número esperado para 2019 é de 59.700 novos casos com um risco estimado de 56,33 casos a cada 100 mil mulheres (INCA, 2019).

2.3.3 Fatores de Risco

A etiologia do câncer é multifatorial e pode ser o resultado da combinação de diversos fatores tais como: idade, fatores endócrinos e história reprodutiva, fatores comportamentais e ambientais e fatores genéticos e hereditários (BLAND; III, 1993). Estas situações são chamadas de fatores de risco que podem aumentar a chance de um indivíduo apresentar a doença.

2.3.3.1 Idade

É um dos fatores de risco mais importantes já que o risco de câncer de mama aumenta de modo proporcional ao aumento da idade. Mais de 80% dos casos de câncer acometem mulheres com idade igual ou superior a 50 anos e apenas 5% dos casos ocorrem em mulheres com menos de 30 anos (INCA, 2019). Isto ocorre devido as alterações biológicas provenientes do envelhecimento, pela exposição prolongada a substâncias nocivas como a radiação por exemplo, e por isso, técnicas de diagnóstico e prevenção são mais rigorosas com o avanço da idade (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011).

2.3.3.2 Fatores endócrinos e História reprodutiva

Dentre os fatores endócrinos têm-se o tempo de exposição do organismo ao estrogênio, hormônio responsável por estimular as células da glândula mamária a se reproduzir, fato que está diretamente relacionado ao aumento do risco de câncer mama (BASSETT et

al., 2000). Além disso, mulheres que apresentaram menarca precoce (antes dos 12 anos), menopausa tardia (após 55 anos), baixo número de gestações, uma mama que nunca tenha lactado e primeira gravidez após os 30 anos possuem maior risco de manifestar a doença (INCA, 2019).

2.3.3.3 História familiar

Os fatores genéticos e hereditários estão relacionados a presença de mutações em determinados genes e apresentam certa relevância especialmente se um ou mais parentes de primeiro grau foram acometidos com a doença antes de 50 anos (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011).

2.3.3.4 Estilo de vida

Fatores comportamentais e ambientais estão relacionados a ingestão de alimentos, bebidas e também a prática de atividades físicas. Uma dieta baseada na ingestão de frutas, fibras, baixos índices de gorduras e doces estão associados a diminuição e risco de câncer de mama, enquanto que, a ingestão irregular de álcool, o tabagismo e o uso de medicamentos contraceptivos são fatores influentes na ocorrência de câncer (INCA, 2019). Associado a uma dieta equilibrada, a realização rotineira de exercícios físicos apresenta efeitos redutores para o risco de desenvolvimento de câncer (LOSTUMBO; CARBINE; WALLACE, 2010).

2.3.4 Sinais e Sintomas

Os sintomas do câncer de mama podem incluir mudanças na forma ou textura do mamilo ou da mama, secreção com sangue pelo mamilo e a presença de um nódulo ou massa na mama, sendo este, o mais comum (BLAND; III, 1993). Uma massa dura, indolor e com bordas irregulares indica maior probabilidade de presença de câncer, no entanto, os cânceres de mama não necessariamente seguem esse padrão podendo ser sensíveis e macios (ACS, 2019).

Outros possíveis sintomas do câncer de mama incluem (INCA, 2019):

1. Inchaço total ou parcial de uma mama independente do fato de ser identificado ou não um nódulo;
2. Ondulações na pele;
3. Dor no peito ou mamilo;
4. Retração do mamilo, de forma que este gire para dentro;

5. Pele dos mamilos ou dos seios avermelhada, seca, descamativa ou espessa;
6. Secreção por meio do mamilo;
7. Linfonodos inchados.

2.3.5 Métodos de Diagnóstico

O câncer de mama é atualmente uma doença que apresenta possibilidades de cura em virtude do diagnóstico precoce e dos avanços das técnicas cirúrgicas e dos tratamentos. Contudo, é fundamental que o paciente realize o diagnóstico inicial com realização do exame clínico e da mamografia para que posteriormente possa receber o tratamento adequado e tenha um bom prognóstico (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011). O exame clínico da mama é elemento essencial para o diagnóstico do câncer e representa a base para solicitação dos demais exames (INCA, 2019). A *American Cancer Society* (ACS) recomenda que mulheres entre a faixa etária de 20 e 39 anos realize o exame de forma trienal e anual após os 40 anos (ACS, 2019).

A mamografia é realizada por meio de um aparelho que realiza um exame de imagem que tem por objetivo obter um raio-x de modo a identificar lesões na mama, além daquelas que são detectadas pelo exame clínico (BLAND; III, 1993). Geralmente, é identificada uma massa, espaço que ocupa uma lesão, que é descrita de acordo com (PAUL, 2019):

1. Forma: oval, redonda ou irregular;
2. Margens: Bem Definida (circunscritas), obscurecidas, microlobuladas, Mal Definida (indistintas), espiculadas;
3. Densidade: alta, igual, baixa ou contendo gordura.

Conforme indicado na Tab. (1), se a massa identificada tem formato próximo a um lóbulo e não uma forma redonda ou oval, significa que a suspeita de câncer é alta, enquanto que, uma massa mamária com aparência irregular ou aleatória representa alta suspeita de existência de câncer de mama (PAUL, 2019).

Forma	Provável Benigno	Suspeito	Alta Probabilidade de Maligno
Redondo	X		
Oval	X		
Lobular	X	X	
Irregular			X

Tabela 1 – Forma da massa mamária

Fonte: (SMITHUIS, 2019)

A Fig. (8) apresenta as diferentes formas que uma massa pode apresentar em um exame de imagem.

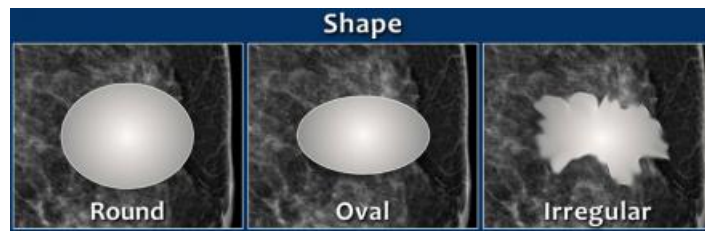


Figura 8 – Formato de uma massa mamária

Fonte: (SMITHUIS, 2019)

Uma margem (borda) mal definida ou embaçada é um sinal indicativo de câncer (Tab. 2). No caso de margens embaçadas, pode ainda indicar que as células do câncer de mama estão se infiltrando em demais tecidos (PAUL, 2019).

Margem	Provável Benigno	Suspeito	Alta Probabilidade de Maligno
Bem Definido	X		
Obscurecida		X	
Microlobulada		X	
Mal Definido		X	X
Espiculada			X

Tabela 2 – Margens da massa mamária

Fonte: (SMITHUIS, 2019)

As margens indetificadas em uma massa mamária são caracterizadas conforme ilustrado na Fig. (9).

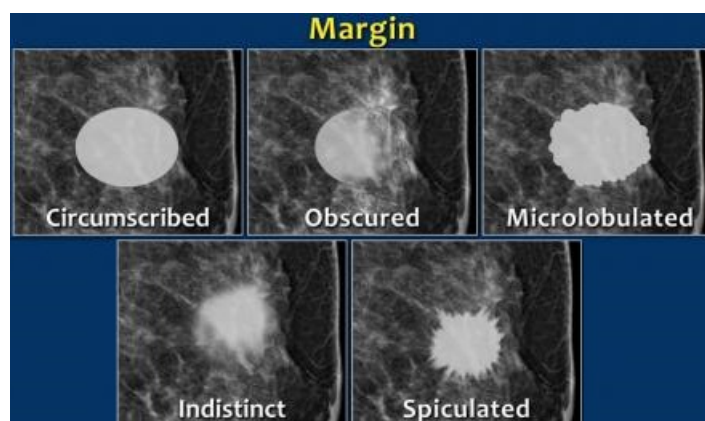


Figura 9 – Margens da massa mamária

Fonte: (SMITHUIS, 2019)

A densidade mamária, Fig. (10), está relacionada à atenuação esperada de um volume igual de tecido fibroglandular (PAUL, 2019).

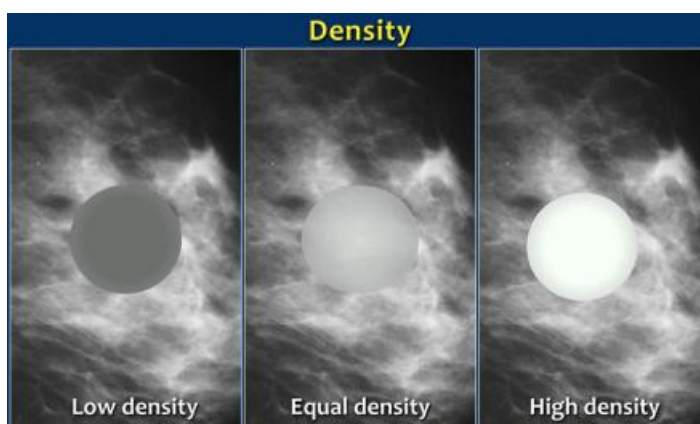


Figura 10 – Densidade de massa mamária

Fonte: (SMITHUIS, 2019)

Em termos de quantidade de gordura, a densidade elevada de uma massa indica altas chances de ocorrência de câncer, conforme apontado na Tab. (3). Isto significa que quando o exame de mamografia apresenta baixas evidências de tecido adiposo dentro da massa, há indícios que a massa possa conter células cancerígenas malignas (PAUL, 2019).

Densidade	Provável Benigno	Suspeito	Alta Probabilidade de Maligno
Alta			X
Igual	X	X	
Baixa	X		
Contendo Gordura	X		

Tabela 3 – Densidade de massa mamária

Fonte: (SMITHUIS, 2019)

Após identificação de uma área nodular suspeita pela realização dos métodos de rastreamento deve ser reconhecida a benignidade ou malignidade da lesão (BLAND; III, 1993). Para tanto, utiliza-se o *Breast Imaging Reporting and Data System* (BI-RADS) (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011) proposto pelo C legio Americano de Radiologia que funciona como padr o mundial para leitura dos resultados mamogr ficos. Os achados mamogr ficos s o sintetizados conforme as 6 categorias da classifica  o de BI-RADS:

BI-RADS	O que significa	O que fazer
0	Exame Inconclusivo	Realizar outros exames por outro método
1	Mamografia Normal	Mamografia de rotina anual
2	Alteração benigna	Mamografia de rotina anual
3	Alteração provavelmente benigna	Mamografia a cada 6 meses
4	Alteração suspeita	É indicado fazer biópsia para confirmação
5	Alteração muito suspeita	É indicado fazer biópsia para confirmação
6	Lesão maligna	Depende da lesão

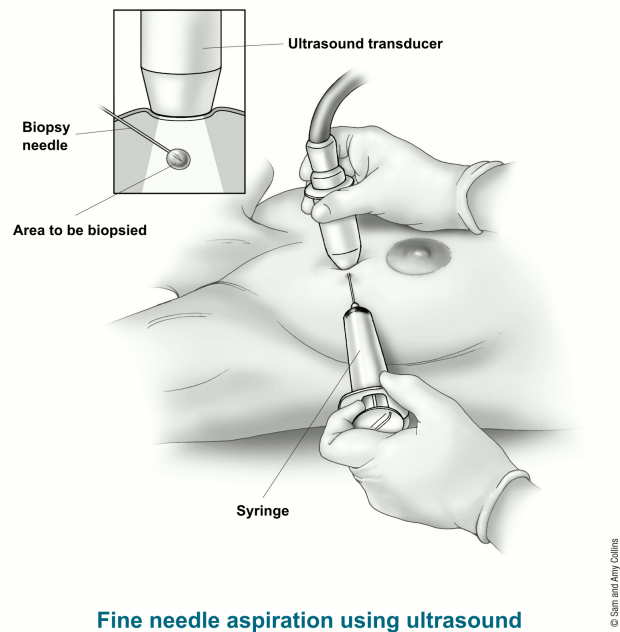
Tabela 4 – Classificação BI-RADS

Fonte: (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011)

Embora a mamografia seja atualmente o método de diagnóstico mais eficaz, alguns nódulos podem apresentar resultados dúbios, e por isso, foram desenvolvidos métodos de biópsias que podem ser do tipo citológica, histológica ou cirúrgica excisional (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011). As biópsias ajudam a definir o tipo de lesão existente e por meio dos resultados obtidos é possível estabelecer o esquema terapêutico mais adequado para cada caso, o que apresenta ao paciente significativa possibilidade de cura e sobrevivência (BASSETT et al., 2000). Para tanto, se dispõe de algumas técnicas, sendo elas: Punção Aspirativa por Agulha Fina (PAAF), Biópsia com agulha grossa (*Core Biopsy*) e Mamotomia (BLAND; III, 1993).

A PAAF, Fig. (11), consiste em um exame citológico, constituindo-se em um procedimento extremamente valioso como primeira análise, sendo realizada em lesão palpável após o médico identificar o nódulo no ultrassom (GUIMARÃES, 2006). A sensibilidade do método na detecção de câncer é de cerca de 80% mas dependerá do tipo de coletor, e sua especificidade aproxima-se de 100% , enquanto os índices de falso-positivos são de cerca de 0,2% (CHAGAS et al., 2011).

Pode ser realizada em consultório médico, por ser de baixo custo, mas, atualmente, esta técnica é pouco utilizada devido o avanço tecnológico e a existência de exames mais exatos e confiáveis (CHAGAS et al., 2011).

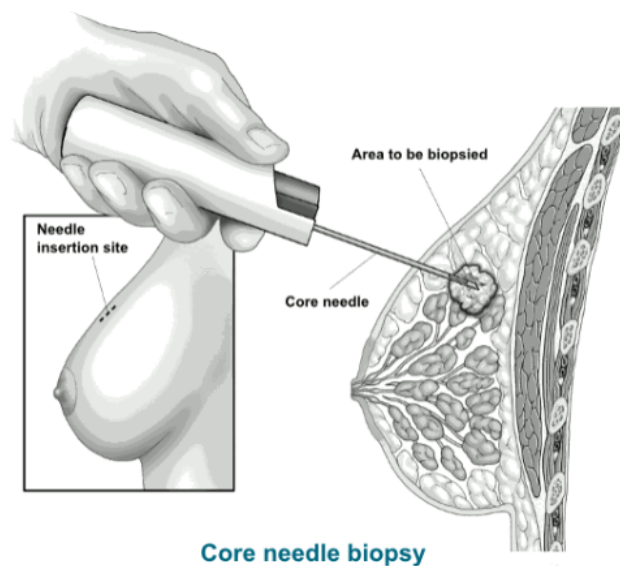


Fine needle aspiration using ultrasound

Figura 11 – Punção Aspirativa por Agulha Fina

Fonte: (ACS, 2019)

A *Core Biopsy* é um procedimento invasivo para se obter fragmentos de tecido afetado pela lesão com o propósito de realizar um diagnóstico histológico descartando ou não a possibilidade de malignidade (BLAND; III, 1993). Este método, apresentado na Fig. (12), consiste num propulsor automático para disparar um sistema de duas agulhas cortantes superpostas que possibilita a retirada de fragmentos, sendo guiado pela ultrassonografia ou pela mamografia guiada por estereotaxia (CHAGAS et al., 2011).



Core needle biopsy

Figura 12 – Biópsia com agulha grossa

Fonte: (ACS, 2019)

A Mamotomia é uma variante do método anterior no qual é utilizado um sistema a vácuo paralelo a agulha para obtenção de amostras da lesão, quando esta é menor que 5mm (GUIMARÃES, 2006). Sendo assim apresenta a vantagem de ser inserida somente uma vez além da obtenção de amostras maiores que a anterior, o que lhe confere valor preditivo que chega a 100% (CHAGAS et al., 2011).

No Brasil, segundo o ministério da saúde, o exame clínico e a mamografia devem ser realizados anualmente a partir dos 35 anos para população feminina pertencente ao grupo de risco de desenvolvimento de câncer (INCA, 2019). Já para mulheres com idade superior a 40 anos, o rastreamento por meio do exame clínico deve ser anual (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011). Bienalmente, realiza-se o rastreamento por meio de mamografia para mulheres com idade entre 50 e 69 anos e, também, após 70 anos de idade para mulheres que apresentam expectativa de vida favorável e condições clínicas que permitam a realização do exame (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011; INCA, 2019).

Registrou-se nos Estados Unidos que desde a década de 1990 houve um decréscimo na mortalidade relacionada ao câncer. Estudos de (JEMAL et al., 2008) afirmam que este fator se deve ao fato do aumento de programas de prevenção que despertou o interesse na população para realização de exames. No Brasil, o órgão do Ministério da saúde responsável pela criação e adoção de estratégias de prevenção, diagnóstico e tratamento do câncer é o INCA. Junto com hospitais especializados e encarregados do tratamento de câncer o INCA estima e publica anualmente a incidência de câncer no Brasil com o objetivo de monitorar o perfil da doença (INCA, 2019).

2.3.6 Prognóstico

A evolução do câncer de mama varia de acordo com cada organismo de maneira que enquanto alguns pacientes apresentam longa sobrevida livre da doença outros possuem baixas expectativas (INCA, 2019). Algumas destas variações podem ser explicadas pelos chamados fatores prognósticos, divididos em fatores clínicos, anatomopatológicos e biológicos, que examinam: o poder de invasão do tumor, taxa de crescimento, potencial metastático, e alguns ainda podem apresentar um papel preditivo da resposta à terapia específica (ACS, 2019).

2.3.7 Tratamento

A maior parte dos casos de câncer de mama tem algum tipo de cirurgia como parcela de seu tratamento, existindo para isso, diferentes tipos de cirurgia para tratar o câncer de mama, que vai depender da situação que o paciente se encontra (INCA, 2019). Algumas delas são (BASSETT et al., 2000):

1. Cirurgia de conservação de mama ou mastectomia: remove a quantidade máxima possível de câncer;
2. Biópsia do linfonodo sentinela ou dissecação do linfonodo axilar: examina se o câncer se espalhou para os linfonodos inferiores do braço;
3. Reconstrução da mama: restaura a forma da mama após a remoção do câncer;

2.4 Realidade Virtual

A representação da realidade sempre esteve presente na vida do ser humano até mesmo em um período anterior a invenção da escrita e da fala. A partir da utilização de recursos como símbolos e desenhos o homem era capaz de representar suas primeiras percepções da realidade (FOLEY *et al.*, 1996). Segundo Blake *et al.* (2017), o desenvolvimento científico e tecnológico permitiu uma representação com um nível de similaridade mais autêntico do mundo real por meio de aplicações que exigiam uma interação com máquinas.

Uma das recentes manifestações relativas a este desenvolvimento é denominado RV. Essa tecnologia proporciona aos usuários a percepção de realidade devido à execução de atividades de navegação e interação em tempo real, em ambientes 3D (FORTE, 2018). Para Silva *et al* (2017) a RV pode: minimizar o período de execução de atividades, realizar análises com alto nível de confiança, dentre outros motivos que podem favorecer ganhos de produtividade nos serviços que ela se dispõe.

A RV teve suas origens em meados dos anos de 1950 e 1960, com a concepção dos dispositivos iniciais que permitiriam a conexão entre o usuário e o AV, e para Tori, Kirner e Siscouto (2006), o termo RV foi devidamente designado no final da década de 1980, como: “interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multissensoriais, para atuação ou *feedback*”. Para construção de um ambiente baseado nos princípios da RV são utilizadas técnicas de modelagem 3D.

Nos últimos anos, conforme Nunes *et al.* (2018), observa-se que com a evolução tecnológica a RV está sendo aplicada em diversos setores da sociedade, destacando-se dentre eles a medicina. Em seus estudos, Peres, Suzuki e Azevedo-Marques (2015) afirma que a medicina tem progredido de forma significativa, e essa evolução favorece de forma positiva paciente e médico. Percebe-se que, o emprego das tecnologias em saúde pode auxiliar desde a formação acadêmica dos futuros profissionais, como também as empresas e profissionais, médicos e enfermeiras por exemplo, especializadas no cuidado do paciente. Na oncologia, Ramos (2015) definiram um Atlas Virtual com o objeto de facilitar o estudo de anatomia e fisiopatologia do câncer de mama. Conforme os autores, a RV

apresenta-se como um importante alicerce para o tratamento do paciente já que proporciona um aumento na segurança dos procedimentos. Dessa forma, observe-se a importância de pesquisas tecnológicas e empíricas que abordam de forma direta a RV.

2.4.1 Modelagem Tridimensional

Modelos são considerados os suportes básicos para concepção de um ambiente baseado em RV. Na literatura existem vários conceitos para modelos, por exemplo, Haefner (2005) define um modelo como sendo uma maneira de descrever as interações e comportamento entre os elementos que compõem um organismo ou um sistema em estudo. Já Carson e Cobelli (2013) classificam modelo como uma representação da realidade envolvendo graus de aproximação. O processo de modelagem implica na recuperação das informações de um objeto com base no conjunto de atributos que o representa para que se possa observar e entender seu comportamento (KOJIĆ *et al.*, 2008). Essa técnica pressupõe um processo de criação por meio da definição de parâmetros como as superfícies, formatos, densidade, e demais aspectos que possam caracterizar o objeto a ser reproduzido, também denominado de modelo ou malha 3D (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

Diferentes metodologias podem ser empregadas na confecção de modelos 3D destacando - se os métodos por volume ou por superfície. O sistema de modelagem por volume, também conhecido como modelagem por sólidos, faz uso de parâmetros de composição do objeto, como densidade e textura, que passam por um processo de análise e são combinados de modo a criar o produto final, representando todo o objeto incluindo sua composição interna (DELFINO *et al.*, 2007). Segundo Delfino (2007) essa técnica oferece um resultado visual com alto padrão de qualidade sendo utilizada principalmente para visualizar objetos que não tem estrutura devidamente delimitada, no entanto, é um processo que necessita de elevado investimento de tempo devido à quantidade de características a serem analisadas.

A modelagem por superfície se dá pela construção do modelo fundamentando-se no contorno que delimita ou envolve o volume do objeto. Com base nos atributos que caracterizam o modelo é feita uma busca nas diferentes variações do volume a fim de definir o conjunto de contornos que delimitarão sua superfície que indicará o formato do objeto (PRETO; PEDRINI; CENTENO, 2009; DELFINO *et al.*, 2007). Contrário ao método por volume, esta metodologia é utilizada principalmente na modelagem de objetos que apresentam estruturas bem definida, e apresentam como vantagem, a redução no processamento de dados, uma vez que são necessárias uma quantidade menor de informações a serem analisadas (PEIXOTO; GATTASS, 2000; DELFINO *et al.*, 2007).

Além de apresentarem um potencial instigador em manter a atenção no objeto de estudo, modelos 3D permitem especificar a estrutura e o comportamento de um objeto, dado que permite a visualização espacial do modelo e sua análise em diferentes perspectivas (CARSON; COBELLI, 2013). A fim de proporcionar um aspecto mais real aos modelos inseridos no AV, técnicas de renderização como iluminação e textura são aplicadas à cena.

Para Tori, Kirner e Siscouto (2006) iluminação é o fenômeno responsável por expor o objeto (sobre o ambiente de teste) a uma fonte de luz com valor arbitrário na sua intensidade provocando uma alteração na tonalidade do objeto e dessa forma, é adicionado à imagem uma visualização com melhor qualidade dos objetos presentes no AV. O processo de texturização é a ação de revestir a superfície dos objetos virtuais com uma textura retirada de uma imagem real (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

Outra maneira de realizar esse processo consiste na extração de variáveis matemática que caracterizam a textura desejada e a partir desses dados, utilizar modelos matemáticos que sintetize o aspecto proposto (MIYAMOTO; FILHO; SARTORI, 2008). Para Watt (1993) e Foley (1996) a aplicação de texturas sobre objetos extrai de elementos a informação gráfica que uma superfície ou malha possui, o que adiciona realismo sobre o objeto. Dessa forma, os efeitos de texturização aplicados em conjunto com técnicas de iluminação tornam o processo de modelagem mais contextualizado.

2.4.2 Ferramentas para modelagem tridimensional

Para atender as exigências necessárias na construção de modelos 3D foram desenvolvidas ferramentas sofisticadas e próprias para esse tipo de aplicação. Essas ferramentas, têm o objetivo de construir cenas e modelos que permitem a geração de imagens e animações com qualidade muito próxima a de um objeto real. Entre os softwares de modelagem 3D mais conceituados atualmente nas indústrias de impressão 3D, animação, videogames, arquitetura e desenho industrial destacam-se: *InVesalius*, *Blender* e *Autodesk Maya*.

O *InVesalius* é um *software* livre para reconstrução de imagens originárias de equipamentos de Tomografia Computadorizada (TC) ou Ressonância Magnética (RM), sendo utilizado principalmente em prototipagem rápida, ensino, análises forenses e na área médica (INVESALIUS, 2019). É possível utilizá-lo nas plataformas *Microsoft Windows*, *General Public License* (GNU)/*Linux* e *Apple Mac OS X*, sendo alguns de seus principais recursos: a importação de arquivos *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) ou *Analyze*, exportação nos formatos *Stanford Triangle Format* (STL), *Object File Wavefront 3D* (OBJ), *Polygon* (PLY), dentre outros (INVESALIUS, 2019).

O *Blender* é um *software* de código aberto com propósito de ser utilizado para modelagem, animação, renderização, texturização, edição de vídeo e criação de aplicações 3D em tempo real (BLENDER, 2019). Está disponível sobre uma licença dupla: BL/GNU, possui partes licenciadas sob a *Python Software Foundation License* e funciona nas seguintes plataformas: *Windows* 2000, XP, Vista, *Mac OS X* (PPC and Intel), *Linux* (i386), *Linux* (PPC), *FreeBSD* 5.4 (i386), *SGI Irix* 6.5 e *Sun Solaris* 2.8 (sparc) (BLENDER, 2019).

O *Maya* é um *software* para modelagem 3D, que motivou o seu estudo devido seu sistema de partículas e fluidos, facilidade de texturização e animação, bem como se apresentou como uma alternativa acessível para a captação de propriedades biomédicas (SHARPE; LUMSDEN; WOOLRIDGE, 2008). É largamente utilizado nas mais diversas áreas da modelagem por profissionais de animação, no cinema, jogos, design gráfico, entre outros, oferecendo recursos que possibilitam lidar com, por exemplo, animação, simulação, modelagem, criando modelos realísticos e funcionais, e composição (MAYA, 2019).

2.5 Ontologia

2.5.1 Definição de ontologia

Devido à globalização houve crescimento considerável de conteúdos disponíveis ao universo, o que motivou estudiosos a buscarem maneiras alternativas, como novos métodos e ferramentas inovadoras que pudessem proporcionar melhorias na disseminação de informações. Novas invenções e inovações foram surgindo com o objetivo de integrar dados provenientes de inúmeras fontes distribuídas na *Web* para então, proporcionar uma forma segura, homogênea e organizada da informação chegar ao usuário que dela necessitasse (SANTOS; NICOLAU, 2012). Neste contexto, foi idealizado um modelo de troca e compartilhamento de informações que permitisse a descentralização das mesmas, aparecendo então, a ideia de *Web Semântica* (W3C, 2019).

Uma das formas de trabalhar com *Web* semântica é utilizando o conceito de ontologia. Segundo Neto (2018), esse termo vem sendo empregado em áreas como Ciência da Computação, IA e Engenharia do Conhecimento devido as estratégias de padronização de vocabulário para pesquisadores que necessitam compartilhar informações sobre um assunto. Modelos ontológicos melhoram a comunicação entre pessoas e organizações, permitem a unificação do vocabulário e a viabilidade de transferência mútua de informações entre diferentes sistemas (NETO, 2018).

O termo ontologia é constituído por duas palavras de origem grega *ontos*, que significa ser, e *logos*, que significa palavra, mas, o termo original tem origem aristotélica e foi amplamente empregado na filosofia no estudo do ser (ALMEIDA; BAX, 2003). Diferentes classificações para ontologias foram propostas na literatura. O termo adotado pela ciência da computação que também é a definição mais aceita frequentemente é a proposta por Gruber (1993), que afirma que "ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada".

Ontologias são utilizadas para armazenar conhecimento sobre uma especialidade, descrever conceitos referentes a temática em questão e os relacionamentos semânticos que existem entre esses conceitos, ou seja, estabelece as leis que regem a forma como os termos e as relações se associam (NILASHI; IBRAHIM; BAGHERIFARD, 2018). Os modelos ontológicos não apresentam estrutura definida o que significa que o desenvolvedor tem liberdade para designar a estrutura que mais se adapta a sua aplicação. Apesar disso, existem características e componentes básicos comuns presentes em grande parte deles. Gruber (1993) elucida esses componentes como sendo:

1. Classes: Normalmente organizadas em ordem taxonômica, as classes representam algum tipo de interação da ontologia com um determinado domínio.
2. Relações: representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio.
3. Axiomas: refere-se a modelagem de sentenças que são sempre Instâncias: utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados.
4. Funções: Trata-se de um caso específico de relação cujo um conjunto de elementos possui uma única relação com outro elemento.

Existem diversas ferramentas e padrões de *Web* semântica para se trabalhar com Ontologia, dentre elas destacam-se: *Resource Description Framework* (RDF), *Web Ontology Language* (OWL) e *SPARQL Protocol and RDF Query Language* (SPARQL) (W3C, 2019).

O RDF foi projetado em fevereiro de 1999 para ser utilizado na especificação de recursos da WWW e permite que um sistema, informatizado ou não, se comunique de forma confiável com outro sistema disponibilizando informações sobre os significados dos dados transferidos (SOLOVIEVA et al., 2017). Na atualidade, além de ser utilizada em aplicações de gerenciamento do conhecimento, é empregada como uma técnica de modelagem de informação e faz uso de uma variedade de regras que regem a construção de sistemas, formatos de armazenamento e reconstrução de dados (SALGUERO et al., 2018).

A OWL foi projetada pela *World Wide Web Consortium* (W3C) de modo a atender as necessidades de implementações da *Web* semântica sendo útil na definição e instanciamento de ontologias na WWW (W3C, 2019). A *SPARQL Protocol* é um serviço de consulta RDF que pode ser aplicado para linguagem de consulta própria ou por meio de protocolos utilizados por operadores, apresentando então, finalidade para consulta e recuperação de informações que envolvem dados no formato RDF (W3C, 2019).

Ontologias apresentam como vantagem o fornecimento de um vocabulário padronizado, ordenado e único para representação do conhecimento sendo mantido com base nos conceitos que envolvem os elementos (NETO, 2018). É possível também particionar a memória em que os dados estão armazenados de forma que pessoas em diferentes localidades possam ter acesso aos arquivos, o que garante o compartilhamento do conhecimento sem que haja alteração na sua conceitualização (MONTEIRO, 2013).

2.5.2 Modelagem ontológica

Para desenvolvimento de uma ontologia, é necessário, inicialmente, designar seu domínio e escopo, estabelecendo: a finalidade específica para qual está sendo construída, qual o tipo de informação abordará, que tipo de questões as informações na ontologia devem oferecer respostas, quem serão seus usuários e quem proverá assistência técnica a ontologia (ALMEIDA; BAX, 2003).

Uma vez definidos estes elementos deve ser escolhida uma metodologia, uma ferramenta e uma linguagem para sua especificação, fatores essenciais para definição da estrutura da ontologia. As metodologias de desenvolvimento de ontologias têm como objetivo a sistematização e efetivação de sua construção, e nos dias atuais existem diversas metodologias para a construção de ontologias sendo as principais: método de *Cyc*, método *Uschold e Rei*, *Kactus*, *Sensus*, *Grüninger e Fox* e *Methontology* (DIAS, 2010).

O método de *Cyc* teve seu processo de desenvolvimento iniciado na década de 1980 pela *Microelectronics and Computer Technology* (MCC), considerada uma das maiores empresas de pesquisa e desenvolvimento da indústria de computadores nos Estados Unidos na época (MATUSZEK et al., 2006). O método se fundamenta linguagem de representação *CycL*, desenvolvida pela *Cycorp*, que se fundamenta na linguagem da lógica formal (CYCORP, 2019).

O método *Uschold e Rei* foi proposto inicialmente por Mike Uschold e Martin King em 1995, e consiste em quatro estágios: o primeiro, classificado como identificação do propósito da ontologia, busca caracterizar a necessidade de construção do modelo (USCHOLD; KING, 1995). Logo após, ocorre a construção da ontologia onde primeiro é feita a conceitualização, seguido da implementação da ontologia (construí-la por meio de softwares) com uso da linguagem de representação selecionada e o terceiro consiste na integração com ontologias já existentes (USCHOLD; KING, 1995). O terceiro estágio de construção consiste na avaliação do modelo construído comparando aos dados pré-especificados e por último, quarto estágio, é feita a documentação, isto é, o registro do que foi idealizado (W3C, 2019).

O método *Kactus* busca a reutilização de ontologias já existentes e em sua composição faz uso de ontologias de domínio, de modo a organizar o conteúdo a ser distribuído e reutilizado de diferentes formas e em diferentes cenários (SILVA; SOUZA; ALMEIDA, 2013). A metodologia de modelagem classificada como *Sensus* foi desenvolvida pelo grupo *Information Sciences Institute* (ISI) a fim de ser utilizada para fins de processamento de linguagens que buscam interpretar a linguagem humana (SILVA; SOUZA; ALMEIDA, 2008).

A metodologia de *Gruninger* e *Fox* foi proposta por Michael Gruninger e Mark Fox no ano de 1995 e teve como base para sua criação a experiência obtida no projeto *Toronto Virtual Enterprise* popularmente conhecido como projeto *Tove* (FOX, 1992). Empregada pelo Enterprise Integration Laboratory da University of Toronto no projeto que avaliava ontologias integradas, esta metodologia busca ideias em modelos já existentes para serem aplicados no desenvolvimento de novas ontologias e extensões (GRUNINGER; FOX, 1996).

A metodologia para construção de ontologias classificada como *Methontology* foi desenvolvida no período entre 1996 e 1997 por um grupo de pesquisadores do Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Politécnica (GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ; VICENTE, 1996). O trabalho de Gómez-Pérez; Fernández e Vicente (1996) indica que a *Methontology* envolve uma série de etapas para o desenvolvimento de uma ontologia, que são: 1) planejamento, onde são definidas as principais incumbências que a ontologia irá abordar e executar; 2) especificação, em que é definido o propósito de construção da ontologia e quem será seu público alvo; 3) aquisição de conhecimento, são realizadas pesquisas em referências literárias ou por intermédio de entrevistas com especialistas no tema central e logo após, é feita a conceitualização, etapa 4, com o desenvolvimento de um modelo conceitual que fará uma descrição do problema.

O estágio 5) classificado como formalização, e cria um modelo com base no modelo definido de modo conceitual, e em seguida, ocorre a integração da nova ontologia com outros modelos existentes e que possam contribuir na solução do problema apresentado; na etapa 7) nomeada implementação, os desenvolvedores selecionam a linguagem de representação de ontologias mais conveniente para sua problemática (FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997). A ontologia passa por um processo de avaliação, no qual é feita uma verificação a fim de analisar se ela atende todos os objetivos propostos e, por último, faz-se a documentação, para que a ontologia possa ser facilmente reutilizada por demais desenvolvedores aplicações (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1999).

2.5.3 Ferramentas para criação de ontologias

Com a evolução no desenvolvimento de modelos ontológico, várias ferramentas para construir, armazenar e importar ontologias foram propostas. Entre elas destacam-se: *Protégé*; *Kaon* e *OILED*.

O editor *Protégé* é um ambiente para criação e edição de ontologias e bases de conhecimento, desenvolvido pelo grupo de informática médica da Universidade de *Stanford* (PROTEGE, 2019). Possui código aberto em uma aplicação standalone composta por um editor de ontologia e uma biblioteca de *plugins* com diversas funcionalidades, sua arquitetura é modulada e permite a inserção de novos recursos e, atualmente, importa e exporta para diversas linguagens, dentre elas *Flogic*, *OIL*, *XML* e *Prolog* (PROTEGE, 2019).

O editor *Karlsruhe Ontology and Semantic Web infrastructure* (KAON) é bastante semelhante ao *Protégé* e realiza a construção de ontologias usando a estrutura de dados em árvore, ou estruturação hierárquica, e dispõe de inúmeras linguagens de representação como a *RDF* e *DAML + OIL* (BOZSAK et al., 2002).

O *OILED* foi o primeiro editor a permitir a representação de ontologias usando a linguagem *DAML + OIL* e embora seja baseado no *Protege*, o *OILED* é bastante simples, não suporta arquivos extensos, podendo exportar ontologias para diferentes formatos, tais como: *OIL*, *OIL-RDFS*, *DAML-OIL* e *HTML* (BECHHOFFER et al., 2001)

Este capítulo conceituou aspectos referentes a anatomia da mama feminina e fatores importantes sobre o câncer de mama, que serão utilizados na definição dos termos da ontologia. Também foram apresentadas metodologias e ferramentas de construção de ontologias.

3 Metodologia

A metodologia aborda a forma como o trabalho foi elaborado. É apresentado o processo de construção da ontologia, da neoplasia mamária e a obtenção do arquivos de imagem.

3.1 Construção do modelo ontológico

Para desenvolvimento da ontologia foram definidos inicialmente o tema principal (seu domínio) e escopo, que estavam centrados na caracterização de um determinado tipo de câncer de mama de uma mama feminina e fatores relacionados a doença. Uma vez definidos estes elementos, foi selecionada a metodologia designada como *Methontology* para elaboração do modelo ontológico. Esta metodologia ilustrada na Fig. (13) propõe uma sequência de atividades que identificam as tarefas a serem cumpridas que contribuem na construção de um modelo bem definido (FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997).

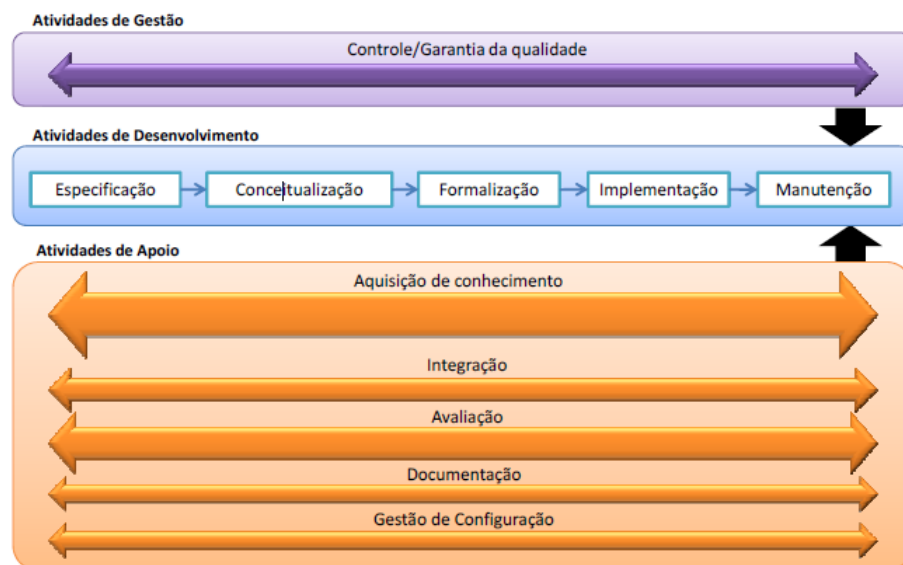


Figura 13 – Organização da *Methontology*

As etapas para implementação da *Methontology* são:

1. Especificação: elaboração do documento de especificação de requisitos da ontologia definindo os objetivos e as características do modelo;
2. Aquisição de conhecimento: a partir de bibliografias e referências eletrônicas recomendadas por especialistas de mastologia e oncologia, realizada-se a coleta dos

- dados a serem adicionados no modelo;
3. Conceitualização: elaboração e revisão do glossário (lista) de termos acerca do domínio especificado, e também, um esboço inicial dos diagramas que definem a estrutura do modelo ontológico e como os termos que o compõem se relacionam;
 4. Formalização: construção da ontologia com a ferramenta Protegé;
 5. Integração: essa etapa visou a integração da nova ontologia a outros dois modelos existentes para que possam contribuir na solução do problema.
 6. Implementação: gerar o arquivo final do trabalho em formato OWL;
 7. Avaliação: análise do modelo ontológico construído verificando as relações semânticas entre os conceitos e o conteúdo implementado;
 8. Documentação: armazenamento dos documentos obtidos no decorrer das etapas de modelagem ontológica: arquivo .docx e .PDF com o glossário dos termos, e modelo OWL obtido no Protegé;
 9. Etapa de Manutenção: atualização da ontologia de acordo com as necessidades.

A ferramenta *Protegé* foi utilizada no desenvolvimento da ontologia devido a sua compatibilidade com a metodologia escolhida. Além de ser uma ferramenta bem-conceituada para criação e edição de ontologias, permite a criação ou exportação de uma ontologia para o formato OWL que, ao ser incorporado ao RDF, fica disponível em um ambiente *Web* (W3C, 2019). É uma ferramenta extensível que possibilita o uso de diagramas, gráficos e tabelas, como também permite a instalação de diversos plugins externos e apresenta a vantagem de importar/exportar para os formatos *Fogic*, Jess, OIL, XML, OWL (PROTEGE, 2019).

Após análise sobre a *Methontology* e maneiras de estruturação das fases desta metodologia, deu-se início a construção da ontologia. Conforme as etapas da metodologia escolhida o desenvolvimento do modelo ontológico baseou-se nas etapas conforme descrito a seguir: especificação, conhecimento, conceitualização, formalização, implementação, avaliação, integração, documentação e manutenção.

Na etapa de especificação definiu-se os requisitos, os objetivos e as características que o modelo de ontologia deve apresentar. Elaborou-se os requisitos iniciais com a coleta de dados em diferentes literaturas científicas aplicadas ao câncer de mama, mastologia e oncologia de forma a restringir o conteúdo a ser compreendido pelo modelo. Em seguida, na etapa de aquisição de conhecimento, especificou-se dos termos a serem trabalhados na ontologia através da elaboração de um sumário composto pelos termos que caracterizam ou possam se relacionar ao câncer de mama. O conteúdo obtido passou por uma revisão e reestruturação, concretizando então a etapa de conceitualização.

Foi criada uma planilha de acompanhamento no *Google Drive* em apoio a etapa de especificação e conceitualização, com o propósito de auxiliar o processo de desenvolvimento do modelo ontológico. A planilha também auxiliou a implementação de conteúdo no modelo ontológico identificando ausência de estruturas e de material. Nela, é sinalizada a existência de recursos, como texto, imagens, vídeos, prototipação do modelo 3D, referências bibliográficas e algum tipo de observação. Além de auxiliar no desenvolvimento da ontologia, a planilha de acompanhamento será útil na etapa de manutenção do modelo.

Uma ontologia é composta por três tipos principais de conjunto de dados: indivíduos, propriedades e classes. Os indivíduos, também conhecidos como instâncias de classes, consistem em seres individuais, caracterizados pela sua existência única e indivisível (BECHHOFFER et al., 2004). Classe pode ser definida como uma descrição que abstrai um conjunto de objetos com características similares, isto é, são conjuntos menores que contém os indivíduos e podem ser organizadas de maneira hierárquica ou taxonômica (BECHHOFFER et al., 2004). As propriedades são relações responsáveis pela caracterização das classes permitindo a ligação entre elas e se dividem em propriedades de objeto, que conectam um indivíduo a outro e propriedades de tipos de dados, que conectam um indivíduo a um valor (MCGUINNESS; HARMELEN et al., 2004).

Após definição e delimitação do domínio que será abordado, fez-se a mesma tarefa para identificação dos indivíduos, classes e objetos que farão parte do modelo. Logo, foram criadas as classes, dispostas em hierarquia, com uso dos recursos *Entities* e *Classes* disponíveis no *Protegé*. A ontologia contém uma classe chamada owl:Thing, criada pela própria ferramenta, que representa o conjunto que contém todos os indivíduos, uma vez que todas as classes são subclasses de owl:Thing. A classe central da ontologia foi nomeada como ONCOLOGIA_MAMÁRIA e é composta pelas subclasses que representam fatores relacionados a oncologia, como: tipos de doenças que afetam a mama, a nomenclatura e classificação destas doenças, formas de prevenção, tipos de tratamento, diagnósticos e prognósticos, quais os fatores de risco, sinais e sintomas.

A síntese de uma ontologia desenvolve uma relação entre indivíduos, classes e conceitos de um domínio específico e apresenta também, as propriedades e restrições que permitem que o sistema atue de maneira autônoma (MCGUINNESS; HARMELEN et al., 2004). Isto é, realize a busca por resultados tendo conhecimento de que um elemento pertence a uma classe e pode se relacionar a outro elemento devido ao nível de similaridade. Esta tarefa auxilia o refinamento dos resultados quando uma pesquisa é solicitada o que permite que o sistema apresente como característica o raciocínio (MONTEIRO, 2013). No *Protegé*, as propriedades são responsáveis por realizar essa união que existe entre os indivíduos, e pode ser realizada com uso do *Object properties* e *Datatype properties*.

Com objetivo de verificar se o modelo ontológico construído atende aos requisitos estabelecidos foi concretizada a etapa de avaliação, já que para se alcançar um modelo coerente é necessária uma análise e aprimoramento constantes. Para tanto, fez uso do depurador de ontologias denominado *Debugger* (Fig. 14), que faz parte do pacote de *plugins* instalados no *Protegé*. A principal tarefa do *Debugger* é apoiar o desenvolvedor da ontologia no processo de encontrar os axiomas mal definidos em ontologias inconsistentes e / ou incoerentes (PROTEGE, 2019). Para utilizar o *Debugger* selecionou-se a opção: *Tools » Debug Ontology*.

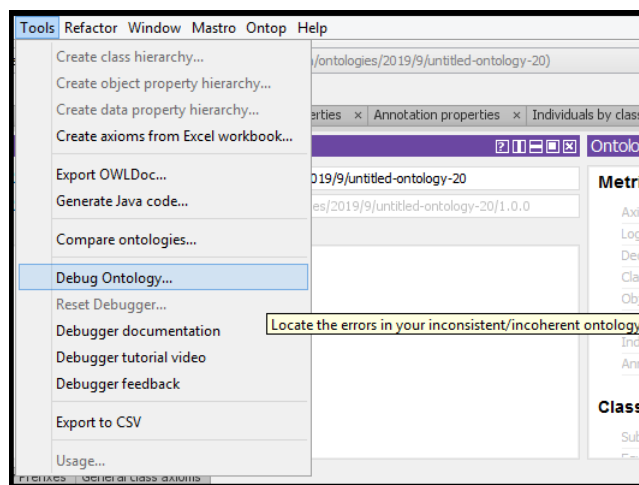


Figura 14 – Seleção do depurador de ontologias

A tela abaixo (Fig. 15), foi apresentada:

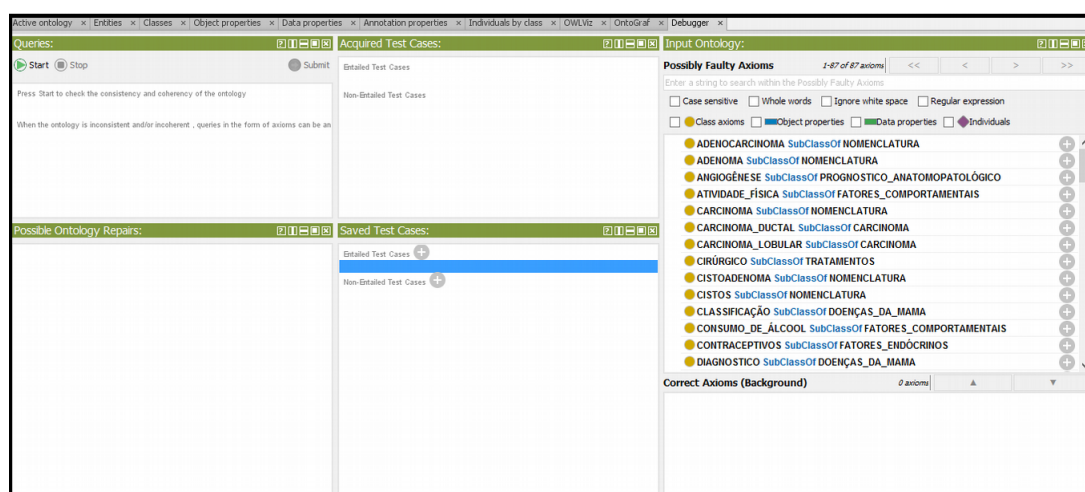


Figura 15 – Ambiente do depurador de ontologias

O botão *Start*, localizado no lado superior esquerdo, foi selecionado para iniciar o processo de depuração.

Finalizada a etapa de avaliação fez-se uma busca por ontologias existentes que pudessem colaborar no modelo proposto. Essa etapa faz-se importante porque é válido e vantajoso considerar o trabalho desenvolvido por demais pesquisadores já que se pode verificar o que já foi realizado e se há possibilidades de extrair conteúdo dessas fontes para o domínio estudado. Tendo em vista que esta pesquisa é parte de um projeto, as ontologias desenvolvidas por (KLAVDIANOS et al., 2011) e (SANCHES, 2017), também membros do projeto, enquadram-se no perfil e por isso foram integradas em um único modelo. Com o *Protegé* aberto foi realizada uma busca pela opção *Active ontology* (Fig. 16).

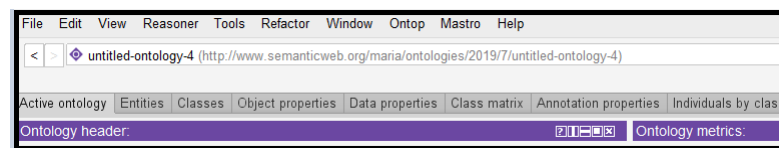


Figura 16 – Recurso *Active ontology*

Logo após, na opção *Imported ontologies* (Fig. 17), foi feito um clique no sinal de adição ao lado do texto *Direct imports*, e dessa forma, concretizada a importação dos modelos de ontologias a serem integrados.

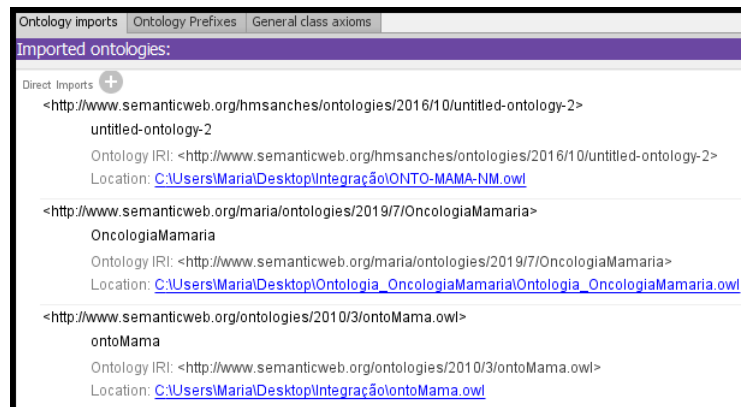


Figura 17 – Ontologias importadas

Em seguida, a opção *Refactor » Merge Ontologies*, (Fig. 18), realiza a integração dos modelos selecionados.

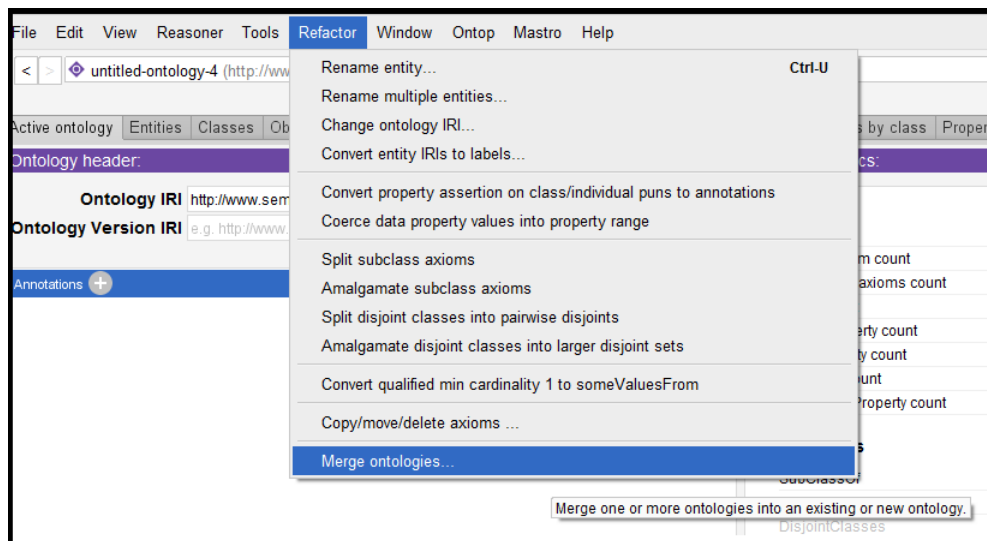


Figura 18 – Integração dos modelos selecionados

Efetuuou-se a avaliação da qualidade da documentação produzida, a verificação das relações semânticas entre os conceitos e do conteúdo implementado. Após avaliação, os documentos obtidos no decorrer das etapas de modelagem ontológica: arquivo .pdf com os conceitos e imagens dos termos relacionados ao câncer, modelo OWL obtido no *Protegé* e planilha elaborada no *google drive*, foram devidamente armazenados. Esta etapa auxilia na possível manutenção e facilita a reutilização da ontologia. Por último, a etapa de manutenção, responsável por manter a ontologia atualizada, será realizada de acordo com as necessidades para possíveis melhorias e correções.

3.2 Obtenção dos arquivos multimídia: imagem dos modelos 3D

Multimídia ou multimídia representa uma combinação de mídias controladas computacionalmente, que podem ser estáticas ou dinâmicas (FLUCKIGER, 1995). Mídias estáticas são do tipo texto, fotografia ou gráficos, enquanto as mídias dinâmicas são do tipo vídeos, áudios e animação (NIGEL; JENNY, 2000). Conforme a proposta, o processo de modelagem 3D de um tipo de câncer fez uso do *software Autodesk Maya* devido à quantidade de recursos oferecidos por este que permite a criação e representação de objetos com um alto nível de similaridade da realidade.

A ferramenta mostrou-se eficaz pelo fato de que a estrutura possui suas particularidades, então, seria necessário um software que atendesse seus requisitos. Alguns dos recursos fornecidos pelo programa e utilizados no processo de modelagem foram: *Polygonal Modeling Theory* (WATT, 1993) que enfatiza o uso constante de polígonos quadrilá-

ros para ter uma subdivisão otimizada e o *paint effects*. O *paint effects* consiste no fato da existência de diversos modelos pré-definidos que podem ser usados como moldes e adaptados ao objeto proposto (MAYA, 2019).

A modelagem 3D consiste na ferramenta utilizada para realizar a ilustração dos arquivos multimídia de origem estática, no caso, as imagens (fotografias) do modelo para um determinado tipo de câncer, no caso, o carcinoma lobular. Também, foi responsável pela criação das estruturas internas e externas da mama (corpo feminino, lóbulos, lobos, ductos, parênquima, linfonodos) desenvolvidos pela equipe de modelagem integrada pelos membros: Marina Rocha Parente, João Gabriel Machado de Lima, Victor Hugo Lopes Gonçalves, Henrik D'oark Rezende Costa e a autora deste trabalho. Cada integrante trabalhou em etapas diferentes de construção.

O capítulo apresentado abordou a forma como o trabalho foi elaborado com a apresentação do processo de construção da ontologia e a obtenção do arquivos mutimídia de imagem. Este foi essencial na definição da maneira como foi conretizada a solução para problema retratado.

4 Resultados

A apresentação dos resultados alcançados demonstrado neste capítulo objetiva verificar a equivalência entre a solução proposta e as descobertas obtidas. Também, são apresentados a existência de problemas encontrados a medida que os testes eram realizados.

4.1 Modelo ontológico

Como arquivo final foi obtido o modelo OWL da ontologia construída. A Fig. (19) ilustra o cabeçalho da ontologia de forma a indicar qual vocabulário está sendo utilizado.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns="http://www.semanticweb.org/maria/ontologies/2019/7/OncologiaMamaria#"
  xml:base="http://www.semanticweb.org/maria/ontologies/2019/7/OncologiaMamaria"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:obda="https://w3id.org/obda/vocabulary#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
  <owl:Ontology rdf:about="http://www.semanticweb.org/maria/ontologies/2019/7/OncologiaMamaria"/>
```

Figura 19 – Arquivo final

A declaração de uma classe é indicada com o uso da construção *Declaration*, em destaque na cor vermelho, e posteriormente *Class*, em destaque na cor azul, conforme indicado na Fig. (20).

```
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#ONCOLOGIA_MAMÁRIA"/>
```

Figura 20 – Declaração de classes

A declaração de uma subclasse é indicada com o uso da construção *SubClassOf*, em destaque na cor vermelho na Fig. (21). Logo após, é indicado o nome da subclasse, em destaque na cor verde, e a qual classe esta pertence, em destaque na cor roxo. No caso, a subclasse apontada é identificada como CARCINOMA__LOBULAR e pertence a classe CARCINOMA.

```

</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#CARCINOMA LOBULAR"/>
  <Class IRI="#CARCINOMA"/>

```

Figura 21 – Declaração de subclasses

A declaração de *ObjectProperty* (Fig. 22) é indicado o *Domain*, em destaque na cor vermelho, e a *Range* (Fig. 23), em destaque na cor laranja. Esta construção indica que os termos definidos como *Domain* estão conectados aos termos definidos como *Range* através do conectivo nomeado como "investigadopor", em destaque na cor verde. Portanto, indica que toda doença do tipo maligna ou benigna, sublinhados em preto, pode ser detectada por meio de um método de diagnóstico.

```

</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#investigadopor"/>
  <Class IRI="#DOENÇAS BENIGNAS"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#investigadopor"/>
  <Class IRI="#DOENÇAS MALIGNAS"/>

```

Figura 22 – Declaração de uma sub-propriedade: indicação do *Domain*

```

</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#investigadopor"/>
  <Class IRI="#DIAGNOSTICO"/>

```

Figura 23 – Declaração de uma sub-propriedade: indicação do *Range*

Obteve-se também o arquivo OWL de forma gráfica, Fig. (24), com uso do *plugin* OWLVIZ. É destacado por cores diferenciadas a hierarquia entre os elementos que a compoem, de forma que o item de maior hierarquia é destacado pela cor preta e o de menor hierarquia pela cor marrom. Portanto, as esferas em destaque de vermelho são subclasses da esfera em preto, na mesma proporção que é classe dos itens em azul e assim sucessivamente, completando a relação entre os termos.

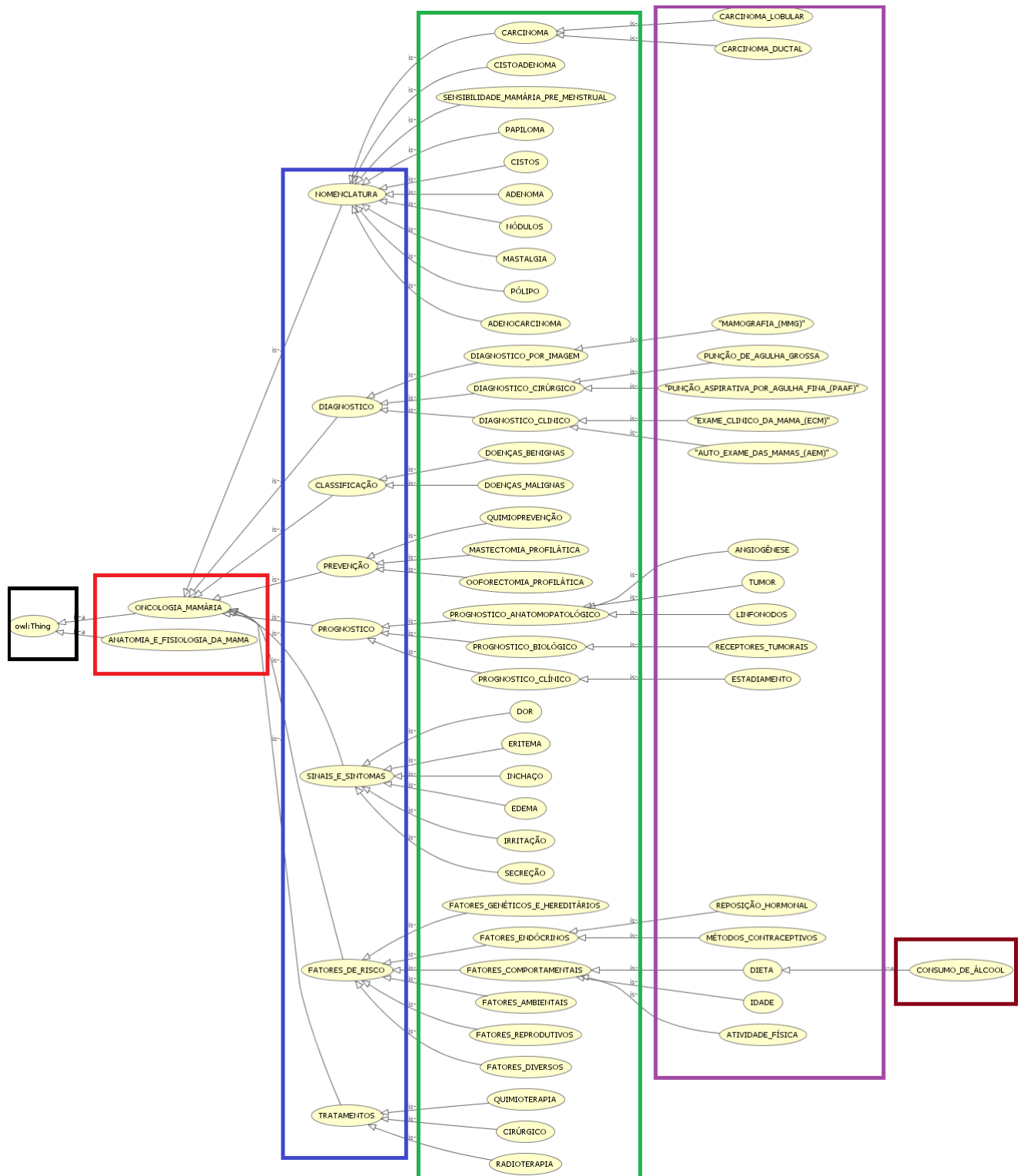


Figura 24 – Arquivo OWLVIZ

A classe owl:thing, Fig. (25), abrange todos os termos que cosntituem o modelo de ontologia. A classe ONCOLOGIA_ MAMÁRIA reúne todos os termos relacionados ao câncer de mama enquanto que a classe ANATOMIA_ E_ FISIOLOGIA_ DA_ MAMA representa os termos da anatomia da mama feminina.

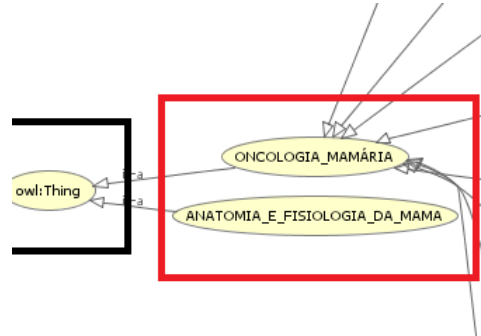


Figura 25 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 1

Na Fig. (26), os termos em destaque na cor azul correspondem as subclasses que representam fatores relacionados a oncologia, como: tipos de doenças que afetam a mama, a nomenclatura e classificação destas doenças, formas de prevenção, tipos de tratamento, diagnósticos e prognósticos, quais os fatores de risco, sinais e sintomas. Já os itens verdes são os elementos individuais pertencentes a cada grupo (subclasse).

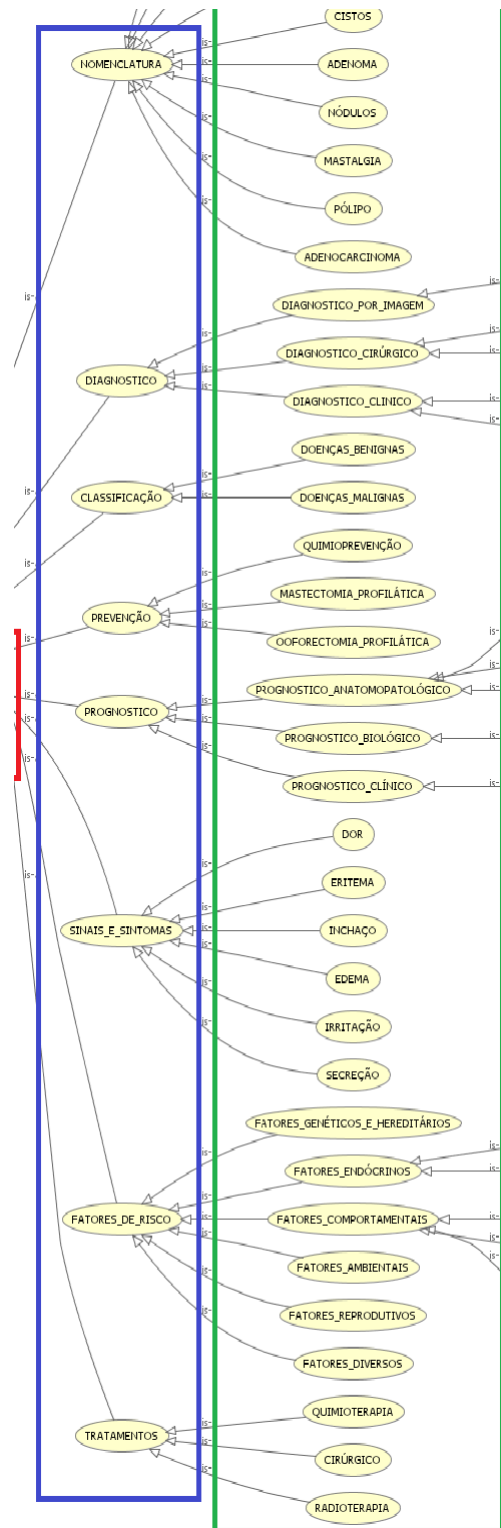


Figura 26 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 2

De maneira similar, os itens do grupo na cor roxo pertencem a elementos do grupo destacado em verde.

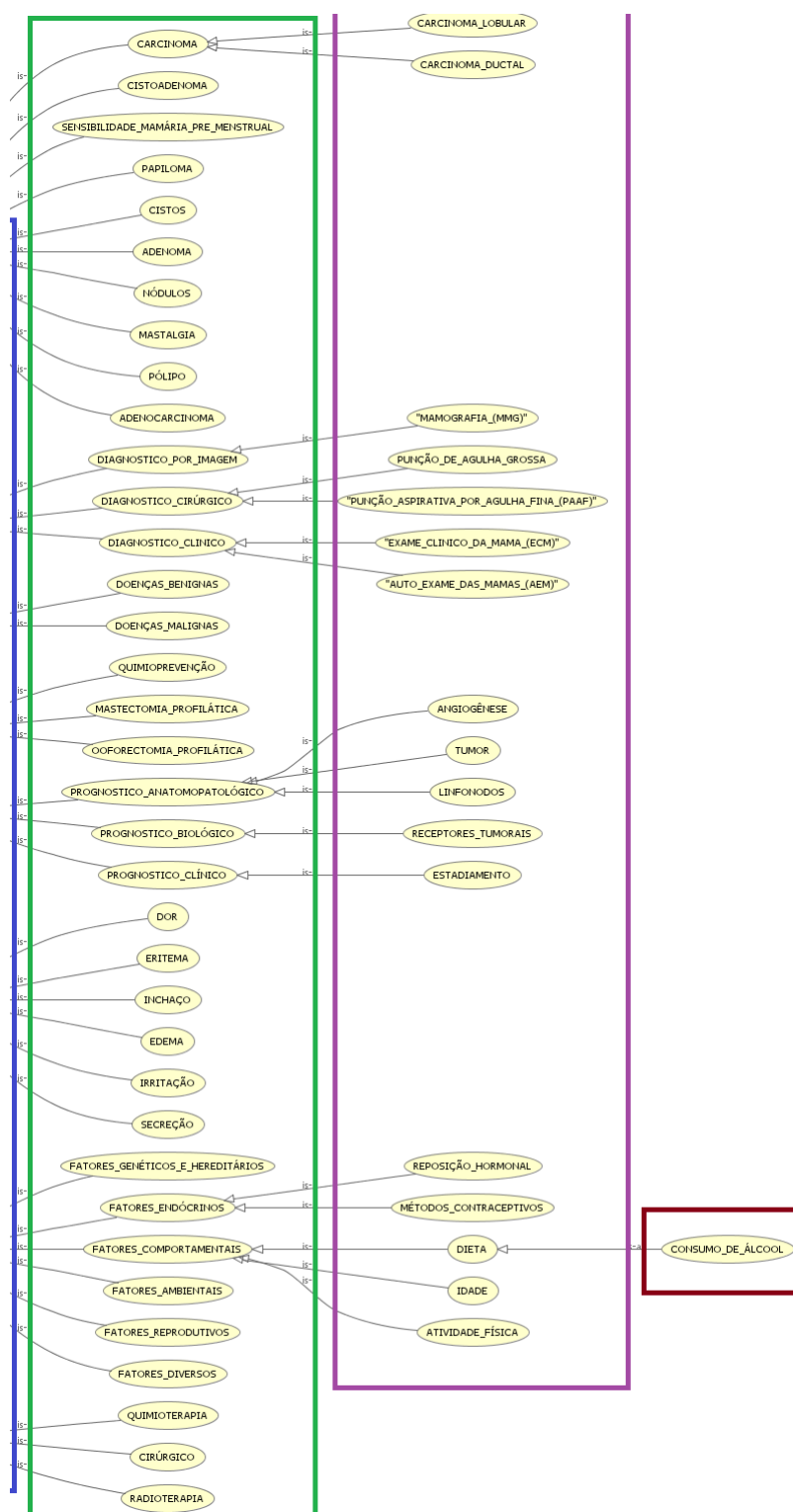


Figura 27 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 3

Ao analisar uma parte específica do gráfico OWL, conforme ilustrado na Fig. (28), nota-se que classe NOMENCLATURA, em destaque na cor rosa, abrange todas as subclasses, em destaque na cor verde, que correspondem aos tipos de doenças que podem afetar a mama, dentre estas, o carcinoma lobular. A conexão entre elas, se dá pelas setas indicadas na figura.

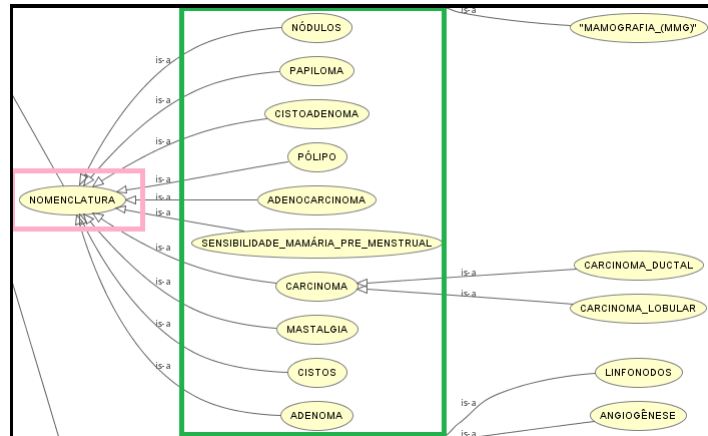


Figura 28 – Análise do arquivo OWLVIZ: parte 4

Os dois formatos apresentados acima para o modelo ontológico desenvolvido, OWL e gráfico, permitem a visualização da hierarquia de classes, termos e propriedades que foram definidas nas fases iniciais de construção. Também são apresentados todos os elementos e relações que compõem a ontologia com base no que foi definido em *Entities*, *Classes*, *Object properties* e *Datatype properties*.

Uma maneira de representar a forma como a ontologia se comporta se dá com o uso do gráfico semântico (Fig. 29), que também se apresenta em forma de taxonomia e apresenta as ligações entre as classes, subclasses e propriedades entre elas.



Figura 29 – Gráfico semântico

O gráfico demonstra que quando é procurada a opção “ONCOLOGIA MAMÁRIA”, serão identificados também os fatores relacionados a esta subclasse: diagnóstico, prognóstico, prevenção, nomenclatura, sinais e sintomas, tratamentos e classificação. Considerando ainda que seja pesquisada a opção “NOMENCLATURA” serão identificados as diferentes opções de doenças. Ao selecionar “CARCINOMA” serão identificados os tipos existentes devido a relação semântica, e o usuário irá escolher o que deseja analisar.

Compreende-se a maneira como a ontologia se comporta: à medida que o usuário seleciona uma opção, cada termo ou elemento relacionado a opção selecionada será também identificada. Este pode ou não selecionar a visualização deste novo termo. Este comportamento possibilita ao usuário um estudo de maneira ampla, já que permite a análise de fatores relacionados as classes, e também, um estudo mais específico analisando itens pertencentes à essa classe. A Fig. (29) ilustra apenas parte das relações realizadas entre os elementos da ontologia.

A comportamento ilustrado acima pode também ser interpretado da forma descrita a seguir na Fig. (30):

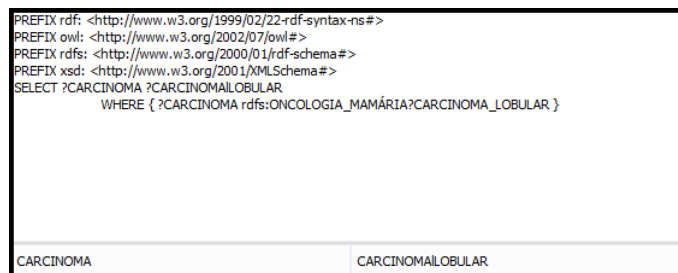


Figura 30 – Interpretação do comportamento simulado

Dentro da cláusula *WHERE* deve ser informado o que deve ser analisado e na cláusula *SELECT* são selecionados os recursos a serem exibidos, podendo ser incluídos filtros para a pesquisa (W3C, 2019). Assim, a consulta retorna como resultado final o item da parte inferior da Fig. (30).

Finalizada a criação da ontologia que caracteriza e classifica o câncer de mama, foi realizada a integração das ontologias A, desenvolvida pela autora deste trabalho, B desenvolvida por Klavadianos (2011) e C desenvolvida por Sanches (2017). Obteve-se o resultado expresso na Fig. (31):

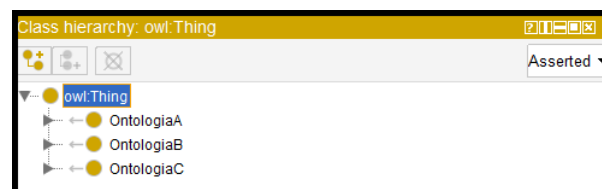


Figura 31 – Ontologias integradas

A OntologiaA refere-se a ontologia de classificação do câncer de mama e apresenta conceitos que caracterizam a doença e que possam estar relacionados a ela. A OntologiaB refere-se a onto-mama, que é responsável por apresentar termos da anatomia da mama feminina e auxiliar aprendizes na prática do procedimento de *Core Biopsy* por meio de um STI (KLAVDIANOS et al., 2011). Já a OntologiaC refere-se a onto-mama NM (SANCHES, 2017), que trata de uma ferramenta para auxiliar especialistas e estudantes da área da saúde no tratamento do câncer de mama. A Figura (32) ilustra as ontologias renomeadas.

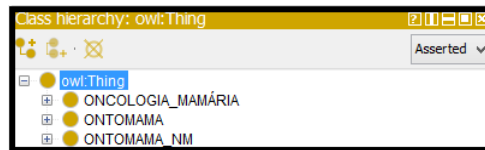


Figura 32 – Ontologias integradas renomeadas

Após integração das três ontologias, obteve resultado similar ao apresentado no gráfico da Fig. (24) e no arquivo OWL. No entanto, devido à grande quantidade de elementos existentes os arquivos gerados são de difícil compreensão e visualização e por este motivo não serão apresentados.

Para representar as ontologias trabalhando em sincronia após integração, foram formuladas os dois tipos de comportamento a seguir: uma indetificando um tipo de câncer por meio de estudo anatômico e outra apresentando uma maneira de diagnóstico. O primeiro deve funcionar conforme o fluxograma 1 (Fig. 33), que indica a maneira de classificação do câncer conforme a anatomia.

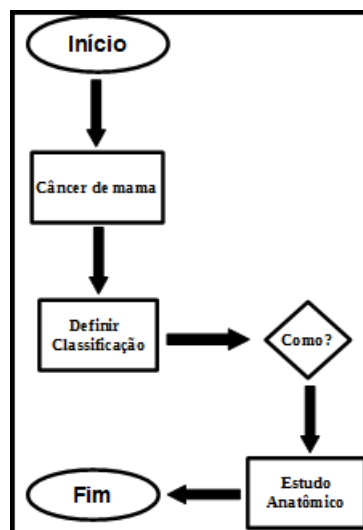


Figura 33 – Fluxograma 1

No *Protegé* o resultado obtido foi:

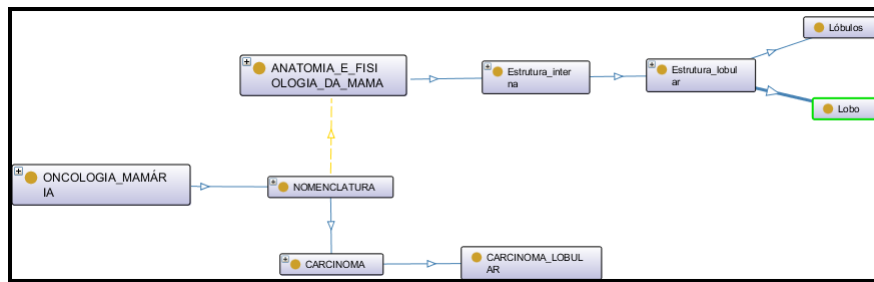


Figura 34 – Gráfico semântico das ontologias A e B

Na Fig. (33) é possível verificar a ontologia de doenças da mama e ontomama trabalhando juntas a fim de informar sobre um determinado tipo de câncer (carcinoma lobular) e sua origem anatômica (lobos ou lóbulo). As conexões entre classes e subclasses são ilustradas pela linha sólida de cor azul, enquanto as linhas tracejadas indicam as propriedades ilustrando formas de ligação entre os termos da ontologia.

O segundo comportamento deve funcionar conforme fluxograma 2 (Fig. 35), que informará um determinado tipo de diagnóstico que também caracteriza um câncer.

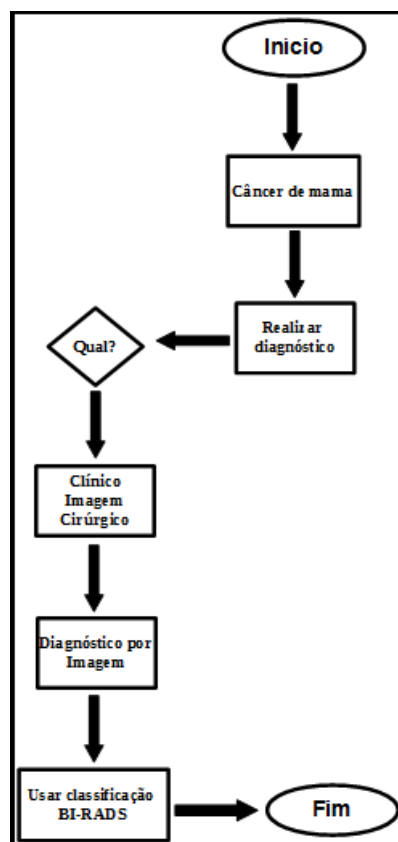


Figura 35 – Fluxograma 2

O resultado obtido está indicado na Fig. (36), por meio da qual é possível verificar a ontologia de Oncologia mamária e Ontomama NM informando uma forma como o câncer pode ser diagnosticado e partir deste ponto, classificado em termos de ser ou não maligno.

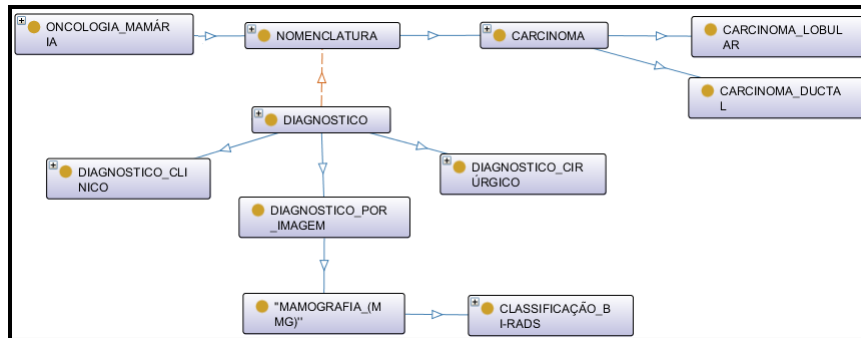


Figura 36 – Gráfico semântico das ontologias A e C

A ontologia pode também mostrar a relação entre o câncer e seus possíveis sinais e sintomas, fatores de risco associados, formas de prevenção, tratamento ideal para cada caso e prognóstico, ampliando então, o repertório de conteúdo a ser adquirido.

Do processo de avaliação realizado com o *Debugger* foram encontradas inconsistências com relação a nomes que estavam duplicados e após a integração dos três modelos de ontologia e com as relações criadas entre os termos. Testadas individualmente não apresentaram problemas, no entanto, o processo de união trouxe elementos de cada modelo, que em alguns casos, foram nomeados da mesma forma. Logo houve necessidade de renomear e realocar os termos duplicados e foram verificadas também, suas conexões semânticas (as propriedades). Após análise das inconsistências e aplicação de ações corretivas foi obtido o resultado informando que a ontologia está coerente e consistente, conforme expresso na Fig. (37) e Fig. (38), sobre a ontologia de Oncologia Mamária e das ontologias integradas, respectivamente.



Figura 37 – Validação da ontologia Oncologia Mamária.

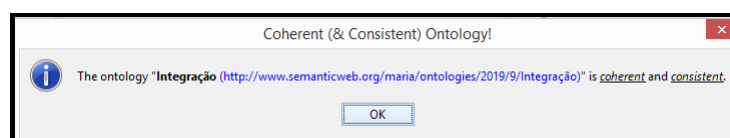


Figura 38 – Validação das ontologias integradas

5 Arquivos multimídia: imagens dos modelos 3D

a) Modelo do carcinoma lobular: conforme a proposta a representação do carcinoma lobular em um processo de evolução, desde sua fase inicial, isto é, quando as células dos lobos ou lóbulos iniciam o processo de duplicação, é apresentado a seguir, na Fig. (39):

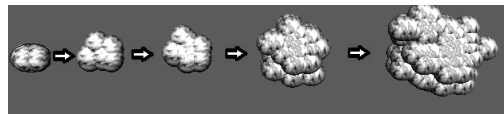


Figura 39 – Arquivo multimídia do carcinoma Lobular

Comparando as referências existentes de forma eletrônica e em bibliografias, nota-se a similaridade com o modelo desenvolvido (Fig. 40), uma vez que este deve apresentar visualmente o possível formato da doença, de modo a ilustrar o que o material teórico e a ontologia descreverá. A textura aplicada é constituinte do próprio *software*.

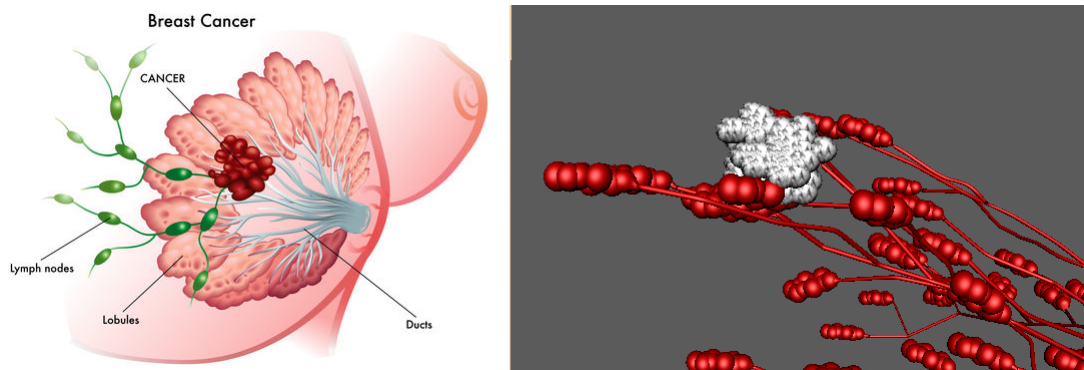


Figura 40 – Comparação do modelo do carcinoma Lobular

Fonte da figura à esquerda: ([FUTUREPROOF](#), 2019).

Para compreender a maneira como o câncer se localiza e se relaciona no organismo, foram obtidos os arquivos multimídia de imagem de estruturas internas de uma mama feminina. As imagens apresentadas abaixo foram desenvolvidas pela equipe de modelagem do projeto, extraídas do ambiente 3D e compõem o conjunto de elementos a serem utilizados pela ontologia na descrição de informações multimídia.

Uma vez que o estudo está baseado na análise do câncer de mama em pacientes do sexo feminino, obteve-se o arquivo multimídia do corpo feminino (Fig. 41). A parte externa do corpo atua de forma semelhante a pele revestindo tudo o que está em seu interior.

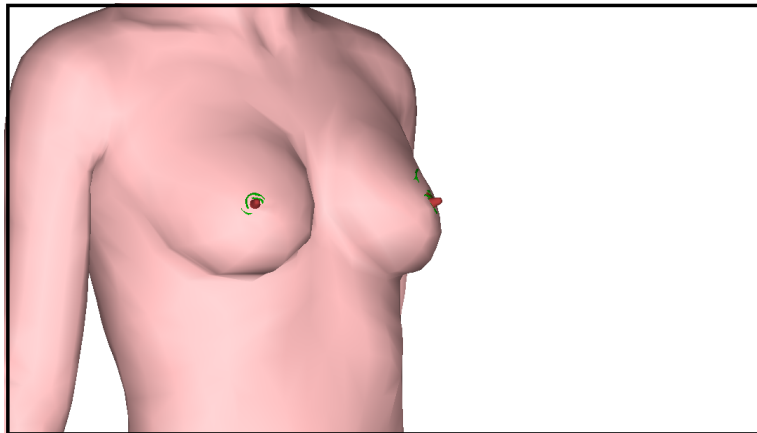


Figura 41 – Arquivo multimídia do corpo da mulher.

Os Ductos, Lóbulos e Lobos, (Fig. 42) são as principais zonas de incidência do câncer de mama, sendo por isso, essenciais sua apresentação neste estudo. Estruturalmente as glândulas mamárias consistem em um sistema de ductos envolvidos por tecido conectivo que não se estendem além da margem da aréola (BLAND; III, 1993). Os lobos contêm numerosos lóbulos separados por septos fibrosos que se estendem da derme da pele até a fáscia profunda (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011).

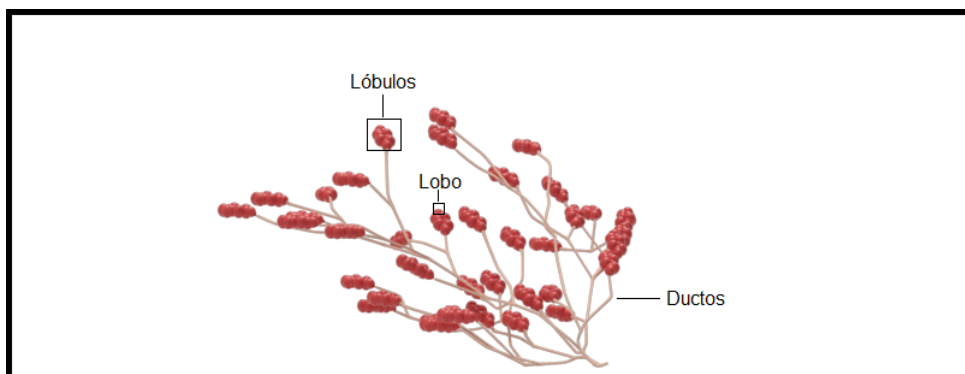


Figura 42 – Arquivo multimídia dos Ductos, Lóbulos e Lobos

Parênquima é o tecido glandular que envolve as estruturas internas e proporciona o aspecto denso, isto é, firme, da mama em mulheres jovens (ACS, 2019). Esta estrutura é importante em exames de detecção de lesões mamárias, pois a presença elevada desse tecido pode ocasionar resultados errôneos (BLAND; III, 1993). A anatomia dos mamilos é ajustada para auxiliar na função da mama. Eles são cercados por uma região circular de pele pigmentada chamada de aréola (BLAND; III, 1993). A Figura. (43) ilustra a estrutura do Parênquima.

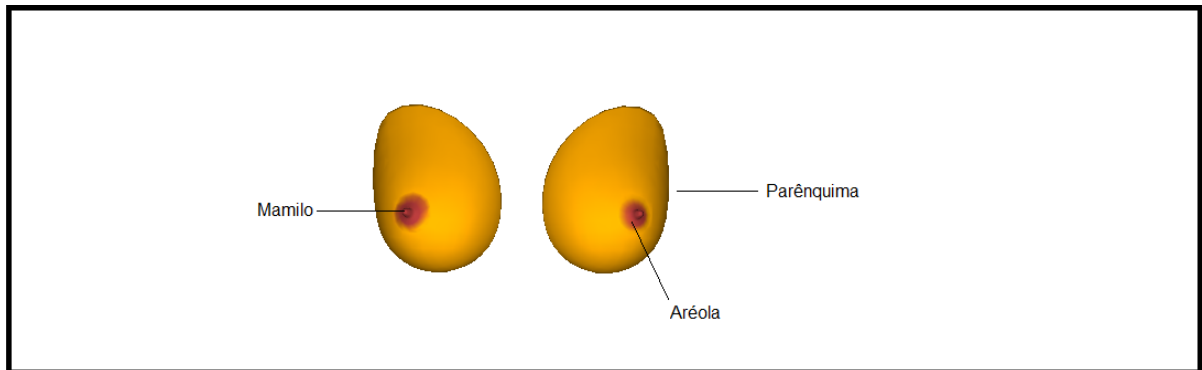


Figura 43 – Arquivo multimídia dos Tecido Glandular, Mamilo e Aréola

Como os cânceres podem disseminar-se para tecidos e órgãos adjacentes, obteve-se o arquivo multimídia dos linfonodos (Fig. 44), já que são os principais canais pelos quais as células cancerígenas se propagam (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011). Estes são pequenas estruturas, conectadas por vasos linfáticos, que auxiliam no combate às infecções e são de extrema importância, especialmente do ponto de vista da patologia (BLAND; III, 1993).

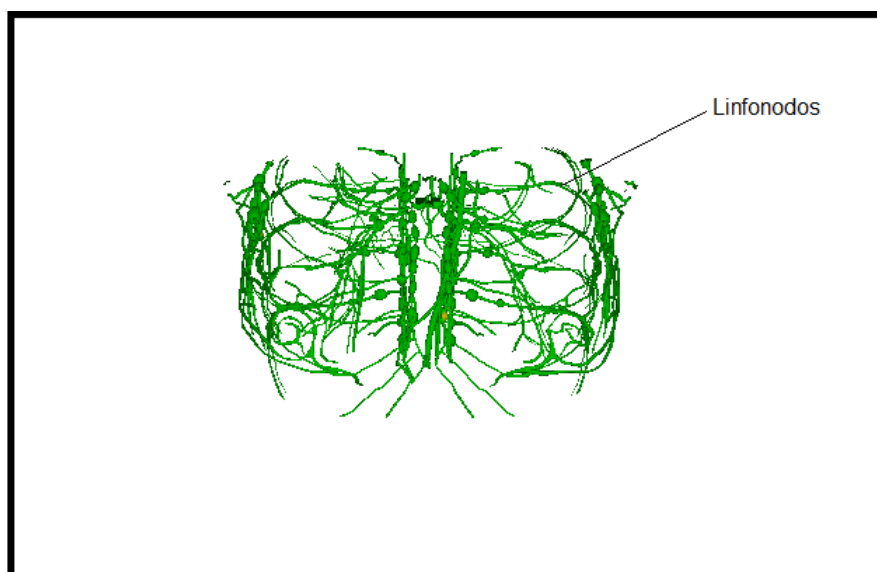


Figura 44 – Arquivo multimídia dos Linfonodos

Foram apresentados os resultados alcançados de acordo com os objetivos estabelecidos no capítulo 1 e a metodologia definida no capítulo 4. Estes serão analisados e verificadas sua consistência a fim de validar a ideia proposta.

6 Discussão

A ontologia gerada especificou seus conceitos no domínio do câncer de mama com o objetivo de atender a comunidade médica que realiza estudos teóricos e práticos acerca da neoplasia mamária e visam colaborar com novas perspectivas para o estudo e tratamento do câncer. A ontologia não deve substituir os métodos de ensino-aprendizagem, mas sim, constituir uma ferramenta complementar organizando informações acerca do assunto a ser estudado. Para desenvolvimento da ontologia apresentada optou-se pela utilização da metodologia *Methontology* dado que esta proporciona um elevado nível de detalhamento na estruturação de ontologias e fornece a possibilidade de reutilização (FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997). A ferramenta empregada para concretização desta tarefa é designada como *Protegé* e foi selecionada pela praticidade, elevado nível de detalhamento e também, vem sendo amplamente empregada em aplicações no contexto da saúde (PROTEGE, 2019).

Durante o processo de desenvolvimento da ontologia, desde a especificação até a manutenção, foi de extrema importância a análise comparativa com material relativo ao câncer de mama uma vez que os termos que a compõem pertencem a este universo. As fases iniciais, em destaque: especificação, conhecimento e conceitualização, apresentaram-se de maior demanda de tempo e complexidade. Isso porque houve necessidade de realizar buscas em literaturas especializadas em mastologia bem como, delimitar os termos que expressam importância para o trabalho. A correta estruturação e delimitação destas três etapas iniciais acarretaram a redução de complexidade na execução das etapas de formalização e implementação, já que para serem concretizadas necessitam do bom entendimento do domínio estabelecido e como seus indivíduos se relacionam.

Ao observar a ontologia desenvolvida, encontrou uma padronização e ordenação nos conteúdos implementados e é este perfil que facilita o compartilhamento de informações, que em sua grande maioria, encontra-se desordenada e desconexa no ambiente na *Web* (SANTOS; NICOLAU, 2012). Uma vantagem que pode ser alcançada com essa forma de estruturação segundo Neto (2018), está no fato de se obter resultados mais objetivos e diretos, sem valores intermediários o que significa que a resposta oferecida, quando uma busca é solicitada, estará relacionada apenas ao conteúdo de interesse. Isso é possível porque ao realizar a consulta na base de dados estruturada na ontologia serão obtidos como resultado apenas as instâncias referentes ao objeto consultado (NETO, 2018). Esse fato fortalece a ideia de que as ontologias contribuem com o refinamento de informações evitando o aparecimento de resultados que não auxiliam os usuários nos seus resultados.

Da integração de ontologias obteve como resultado um modelo único que contempla termos a respeito da saúde e do organismo feminino. Isto posto, pode-se inferir que a nova ontologia possui um novo domínio, que aborda conceitos sobre anatomia, fisiologia, doenças e tratamentos. Agora, as ontologias utilizadas na integração são caracterizadas agora como subclasses do modelo maior de forma que cada uma abrange um conjunto de termos com características análogas. A primeira trata de assuntos sobre oncologia mamária, a segunda trata de aspectos anatômicos e fisiológicos e a terceira sobre tratamento em oncologia mamária. O próprio conceito do termo integração exige cada elemento realize contribuições individuais de forma a compartilhar e unir informações por um propósito comum.

Para finalizar, a etapa de avaliação foi essencial na fase final de construção de modelo porque proporciona um controle mais eficaz de qualidade da consulta. Isto acontece pois o processo de avaliação apresenta ao construtor da ontologia falhas que possam interferir no processo de busca que futuramente será realizado pelo usuário. A própria ferramenta *Protegé*, por meio do *plugin Debugger*, indica os termos, conceitos e axiomas que precisam ser reescritos ou melhorados e a partir deste ponto, são aplicadas as ações corretivas necessárias.

Para educação em oncologia o modelo 3D pode ser considerado um novo instrumento que permite a demonstração do comportamento da doença, bem como é útil para o entendimento das relações da lesão com as estruturas vizinhas. Já que a ideia é proporcionar aos alunos uma noção mais completa sobre o assunto, o modelo pode ser visualizado de diferentes formas: numa perspectiva 2D (imagens) e 3D (percepção espacial). As imagens dos modelos 3D apresentados também permitem a visualização do corpo feminino e de suas estruturas proporcionando então uma complementação ao material textual descrito pela ontologia.

Além disso, permite melhor percepção do que é o câncer, da maneira como se encontra no interior do organismo, como interage com demais órgãos e como se dá seu desenvolvimento. Tendo em vista que o propósito do trabalho está direcionado na criação de uma ferramenta alternativa a ser aplicada no estudo sobre câncer de mama em uma mama feminina, nota-se a importância de apresentar os arquivos multimídia do corpo da mulher bem como das estruturas que o compõem. Isso porque os sistemas ductal, lobular, linfonodos e parênquima representam uma etapa de grande importância nos processos de classificação, diagnóstico e prognóstico de um câncer de mama (MARQUES; SILVA; AMARAL, 2011).

7 Conclusão

Este documento apresentou o processo de desenvolvimento de uma ontologia de suporte ao aprendizado sobre neoplasias associadas a mama. A ontologia propõe um modelo informacional utilizando relações semânticas entre os termos de forma a contribuir e apoiar estudos relativos a mastologia e oncologia. Ontologia é uma ferramenta que está sendo amplamente utilizada na saúde com o intuito de descrever vários aspectos da prática médica, como: estudo da anatomia humana, genética, diagnóstico e tratamento de doenças (ALMEIDA; BAX, 2003; BOGDAN, 2011). Esta ferramenta tem ganhado importância, uma vez que sua aplicação em projetos da saúde fornece novas possibilidades para a disseminação do conhecimento médico em larga escala e de forma organizada.

A abordagem ontológica pode proporcionar um aspecto inteligente ao conteúdo inserido no modelo. O uso de formalismos semânticos é o que proporciona esse caráter inteligente já que a partir da identificação de termos que possam relacionar conceitos e indivíduos por meio de suas propriedades, a própria ferramenta torna-se apta para identificar o possível objeto de busca (JOVANOVIĆ et al., 2008). Esta representação formal proporciona consultas que apresentam um nível mais concreto de precisão e consequentemente fornece pesquisas mais poderosas.

A definição de ontologia escrita por Grubber (1993) enuncia que: “Ontologia é uma especificação explícita e formal de uma conceitualização compartilhada de um domínio do conhecimento”. O termo compartilhado se refere ao fato de um grupo de desenvolvedores estarem de acordo (em consenso) sobre a representação do conhecimento o que soluciona a problemática da ambiguidade e falta de padrão na compreensão de conceitos.

Por isso, a ontologia criada contribuirá de maneira considerável no estudo e compreensão dos termos referentes ao câncer de mama na mesma proporção que será um acréscimo na pesquisa das principais definições associadas a ela. Além de contribuir no processo de ensino-aprendizagem de médicos e demais profissionais de oncologia e mastologia, a ontologia contribuirá para a compreensão de novas tecnologias de gestão do conhecimento aplicado na saúde.

Em auxílio a ontologia, a modelagem 3D é responsável pela representação dos arquivos multimídia de ordem estática e dinâmica que deverá complementar o conteúdo descrito semanticamente. Também, resolverá a questão da percepção visual já que fornece a visualização de estruturas em diferentes perspectivas. Para estudantes e profissionais da área de saúde a ideia sugerida neste trabalho apresenta-se como uma ferramenta dotada de conteúdo e interatividade que permitem estudos e análises mais didáticas.

8 Trabalhos Futuros

Uma vez que o *Protégé* não realiza o carregamento de imagens, são sugeridas as tarefas a seguir para trabalhos futuros:

1. Integrar os arquivos multimídia: .obj, imagens, vídeos e texto junto a ontologia dentro do mesmo ambiente;
2. Realizar a modelagem 3D das estruturas: Ligamentos de Cooper, Tecido Adiposo e dos músculos peitorais a fim de concretizar a modelagem dos modelos anatômicos da mama.
3. A ideia pode também ser aplicada de forma a alcançar não apenas a comunidade científica e acadêmica, mas também, as pessoas (pacientes, familiares e outros) que queriam obter conhecimento sobre o tema.

Referências

- ACS. American cancer society. information and resources about for cancer: Breast, colon, lung, prostate, skin. 2019. Disponível em: <<https://www.cancer.org/>>. Citado 10 vezes nas páginas 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 39 e 71.
- ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da informação*, SciELO Brasil, v. 32, n. 3, p. 7–20, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 44, 46 e 75.
- BARACAT, E.; NAZÁRIO, A.; SIMÕES, M. Morfologia e fisiologia da mama. *Mastologia*. São Paulo: Roca, p. 5, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- BASSETT, L. W. et al. Doenças da mama: diagnóstico e tratamento. In: *Doenças da mama: diagnóstico e tratamento*. [S.l.: s.n.], 2000. Citado 5 vezes nas páginas 30, 32, 33, 37 e 39.
- BECHHOFFER, S. et al. Owl web ontology language reference. *W3C recommendation*, v. 10, n. 02, 2004. Citado na página 51.
- BECHHOFFER, S. et al. Oiled: a reason-able ontology editor for the semantic web. In: SPRINGER. *Annual Conference on Artificial Intelligence*. [S.l.], 2001. p. 396–408. Citado na página 48.
- BLAND, K. I.; III, E. M. C. The breast: Comprehensive management of benign and malignant diseases. *Plastic and Reconstructive Surgery*, LWW, v. 92, n. 5, p. 973–974, 1993. Citado 11 vezes nas páginas 20, 27, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 70 e 71.
- BLENDER. 2019. Disponível em: <<https://www.blender.org>>. Citado na página 43.
- BOGDAN, C. M. Domain ontology of the virulent system. *International Journal of Computers Communications & Control*, v. 6, n. 1, p. 45–52, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 75 e 77.
- BOZSAK, E. et al. Kaon—towards a large scale semantic web. In: SPRINGER. *International Conference on Electronic Commerce and Web Technologies*. [S.l.], 2002. p. 304–313. Citado na página 48.
- BRASIL. 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12871.htm>. Citado na página 21.
- CARSON, E.; COBELLI, C. *Modelling methodology for physiology and medicine*. [S.l.]: Newnes, 2013. Citado na página 42.
- CFM. 2015. Disponível em: <http://portal.cfm.org.br/index.php?option=com_content&id=25689:2015-08-25-12-24-42>. Citado na página 21.
- CHAGAS, C. et al. Tratado de mastologia da sbm. *Rio de Janeiro: Revinter*, p. 764–5, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 37, 38 e 39.

- CYCORG. Cycorg. the syntax of cycl. 2019. Disponível em: <<http://www.cyc.com/cycdoc/ref/cycl-syntax.html>>. Citado na página 46.
- DELFINO, S. R. et al. Geração de estudos de caso para treinamento médico virtual a partir de técnicas de processamento de imagens e realidade virtual. 2007. Citado na página 41.
- DIAS, C. da C. Análise de domínio organizacional na perspectiva arquivística: potencialidade no uso da metodologia dirks-designing and implementing recordkeeping systems. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. Citado na página 46.
- DIAS, D. R. C. et al. 3d semantic models for dental education. In: SPRINGER. *International Conference on ENTERprise Information Systems*. [S.l.], 2011. p. 89–96. Citado na página 77.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. Overview of methodologies for building ontologies. In: *IJCAI99 workshop on ontologies and problem-solving methods: Lessons learned and future trends*. [S.l.: s.n.], 1999. v. 430. Citado na página 47.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. Methontology: from ontological art towards ontological engineering. American Association for Artificial Intelligence, 1997. Citado 3 vezes nas páginas 47, 49 e 73.
- FLUCKIGER, F. *Understanding networked multimedia: applications and technology*. [S.l.]: Prentice Hall International (UK) Ltd., 1995. Citado na página 54.
- FOLEY, J. D. et al. *Computer graphics: principles and practice*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 1996. v. 12110. Citado na página 40.
- FORTE, M. Virtual reality modeling. *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, Wiley Online Library, p. 1–4, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 40.
- FOX, M. S. The tove project towards a common-sense model of the enterprise. In: SPRINGER. *International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems*. [S.l.], 1992. p. 25–34. Citado na página 47.
- FUTUREPROOF. 2019. Disponível em: <<https://www.futureproofinsurance.co.uk/lobular-carcinoma-life-insurance-possible>>. Citado na página 69.
- GENNARI, J. H. et al. The evolution of protégé: an environment for knowledge-based systems development. *International Journal of Human-computer studies*, Elsevier, v. 58, n. 1, p. 89–123, 2003. Citado na página 20.
- GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, M.; VICENTE, A. d. Towards a method to conceptualize domain ontologies. European Coordinating Committee for Artificial Intelligence (ECCAI), 1996. Citado na página 47.
- GRUNINGER, M.; FOX, M. S. The logic of enterprise modelling. In: *Modelling and Methodologies for Enterprise Integration*. [S.l.]: Springer, 1996. p. 140–157. Citado na página 47.
- GUIMARÃES, J. R. Q. Manual de oncologia. São Paulo: BBS editora, p. 1372, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 30, 37 e 39.

- GUSMÃO, V. V. Como a medroom utiliza realidade virtual e gamificação no treinamento de estudantes de medicina. 2018. Disponível em: <<https://projetodraft.com/como-a-medroom-utiliza-realidade-virtual-e-gamificacao-no-treinamento-de-estudantes-de-medicina>>. Citado na página 23.
- HANNON, G. Virtual reality journey through a tumour: Cambridge scientists receive £40 million funding boost. 2017. Disponível em: <<https://www.cam.ac.uk/research/news/virtual-reality-journey-through-a-tumour-cambridge-scientists-receive-ps40-million-funding-boost>>. Citado na página 24.
- INCA. Instituto nacional de câncer. 2019. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/>>. Citado 5 vezes nas páginas 20, 32, 33, 34 e 39.
- INVESALIUS. Invesalius home. 2019. Disponível em: <<http://www.softwarepublico.gov.br/>>. Citado na página 43.
- ISAC, C. et al. Uso de ontologias para a manipulação de imagens relacionadas ao câncer de mama. *Jornal Brasileiro de TeleSaúde*, v. 2, n. 4, p. 126–135, 2013. Citado na página 77.
- JEMAL, A. et al. Cancer statistics, 2008. *CA: a cancer journal for clinicians*, Wiley Online Library, v. 58, n. 2, p. 71–96, 2008. Citado na página 39.
- JOVANOVIĆ, J. et al. Leveraging the social semantic web in intelligent tutoring systems. In: SPRINGER. *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*. [S.l.], 2008. p. 563–572. Citado na página 75.
- KENHUB. 2019. Disponível em: <<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/anatomia-da-mama-feminina>>. Citado na página 29.
- KLAVDIANOS, P. et al. Onto-mama: An ontology of the female breast anatomy applicable to a virtual learning environment. In: IEEE. *2011 Pan American Health Care Exchanges*. [S.l.], 2011. p. 315–315. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 65.
- KOJIĆ, M. et al. *Computer Modeling in Bioengineering: Theoretical background, examples and software*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008. Citado na página 41.
- LOSTUMBO, L.; CARBINE, N. E.; WALLACE, J. Prophylactic mastectomy for the prevention of breast cancer. *Cochrane database of systematic reviews*, John Wiley & Sons, Ltd, n. 11, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.
- MARQUES, A. d. A.; SILVA, M. P. P. d.; AMARAL, M. T. P. d. Tratado de fisioterapia em saúde da mulher. *São Paulo: Roca*, 2011. Citado 12 vezes nas páginas 27, 29, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 70, 71 e 74.
- MATUSZEK, C. et al. An introduction to the syntax and content of cyc. *UMBC Computer Science and Electrical Engineering Department Collection*, Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), 2006. Citado na página 46.
- MAYA. Software de animação computadorizada e modelagem. 2019. Disponível em: <<http://usa.autodesk.com/maya/>>. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 55.
- MCGUINNESS, D. L.; HARMELEN, F. V. et al. Owl web ontology language overview. *W3C recommendation*, v. 10, n. 10, p. 2004, 2004. Citado na página 51.

MEDROOM. Tecnosimbra – medroom. 2019. Disponível em: <<http://www.tecnosimbra.com/site/medroom.html/>>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

MIYAMOTO, R. T.; FILHO, D. A. M.; SARTORI, A. R. *Modelagem Tridimensional com Geometria Construtiva de Sólidos (CSG) para projetos de Engenharia e Arquitetura em Sistemas CAD visando a Portabilidade e Estabilidade de Objetivos 3D*. [S.l.]: Maringá, 2008. Citado na página 42.

MONTEIRO, F. de S. Web semântica e repositórios digitais educacionais na área de saúde: uma modelagem com foco no objetivo de aprendizagem para refinar resultados de busca. *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, v. 9, n. 2, p. 575–575, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 46, 51 e 77.

MOORE, K. L.; AGUR, A. M.; II, A. F. D. *Fundamentos de Anatomia Clínica*. [S.l.]: Grupo Gen-Guanabara Koogan, 2000. Citado na página 27.

NETO, A. M. Ontologias na representação do conhecimento: uma ferramenta semântica para a ciência da informação. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2018. Citado 3 vezes nas páginas 44, 46 e 73.

NIGEL, C.; JENNY, C. *Digital multimedia*. [S.l.]: John Wiley and Sons, LID Chichester, NY,–2000.–568 p, 2000. Citado na página 54.

NILASHI, M.; IBRAHIM, O.; BAGHERIFARD, K. A recommender system based on collaborative filtering using ontology and dimensionality reduction techniques. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 92, p. 507–520, 2018. Citado na página 45.

NUNES, F. d. L. dos S. et al. Realidade virtual em saúde: já realidade ou ainda virtual? *Journal of Health Informatics*, v. 10, n. 2, 2018. Citado na página 77.

PAUL, D. Distinguishing breast cancer tumors from benign masses. 2019. Disponível em: <<https://www.verywellhealth.com/breast-cancer-tumors-or-benign-masses-430277>>. Citado 3 vezes nas páginas 34, 35 e 36.

PEIXOTO, A.; GATTASS, M. *Reconstrução de superfícies a partir de seções bidimensionais*. [S.l.]: PUC, 2000. Citado na página 41.

PESSONI, A.; GOULART, E. Tecnologias e o ensino na área da saúde. *ABCS Health Sciences*, v. 40, n. 3, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 77.

PRETO, T. M.; PEDRINI, H.; CENTENO, T. M. Reconstrução 3d de imagens médicas usando level set para controle de metamorfose. In: *Ibero-Latin American Congress on Numerical Methods in Engineering*. [S.l.: s.n.], 2009. v. 30. Citado na página 41.

PROTEGE. A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. 2019. Disponível em: <<https://protege.stanford.edu/>>. Citado 5 vezes nas páginas 20, 48, 50, 52 e 73.

ROTH, C. et al. Deduce clinical text: An ontology-based module to support self-service clinical notes exploration and cohort development. *AMIA Joint Summits on Translational Science proceedings. AMIA Joint Summits on Translational Science*, v. 2013, p. 227–227, 2013. Citado na página 77.

SALGUERO, A. et al. Using ontologies for the online recognition of activities of daily living. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 18, n. 4, p. 1202, 2018. Citado na página 45.

SANCHES, H. M. Onto-mama-nm: um modelo ontológico de tratamento de neoplasia mamária. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 65.

SANTOS, E.; NICOLAU, M. Web do futuro: a cibercultura e os caminhos trilhados rumo a uma web semântica ou web 3.0. *Revista Temática*, v. 10, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 44 e 73.

SEGUNDO, J. E. S. Web semântica: Introdução a recuperação de dados usando sparql. *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (ENANCIB)*, v. 14, p. 3242–3261, 2014. Citado na página 20.

SHARPE, J.; LUMSDEN, C. J.; WOOLRIDGE, N. *In silico: 3D animation and simulation of cell biology with Maya and MEL*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2008. Citado na página 43.

SHUKLA, S. et al. Role of immunophenotypes in carcinoma breast. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, Wolters Kluwer–Medknow Publications, v. 8, n. 4, p. 210, 2018. Citado na página 26.

SILVA, D. L. d.; SOUZA, R. R.; ALMEIDA, M. B. Uma comparação de metodologias para construção de ontologias e vocabulários controlados. 2013. Citado na página 47.

SILVA, D. L. da; SOUZA, R. R.; ALMEIDA, M. B. Ontologias e vocabulários controlados: comparação de metodologias para construção. *Ciência da Informação*, SciELO Brasil, v. 37, n. 3, 2008. Citado na página 47.

SILVA, V. A. F. da et al. Realidade virtual. *Revista Interface Tecnológica*, v. 14, n. 2, p. 7–18, 2017. Citado na página 77.

SMITHUIS, H. Z. R. Radiology assistant. 2019. Disponível em: <<https://radiologyassistant.nl/breast/bi-rads-for-mammography-and-ultrasound-2013>>. Citado 4 vezes nas páginas 30, 34, 35 e 36.

SOLOVIEVA, E. et al. Paconto: Rdf representation of pacdb data and ontology of infectious diseases known to be related to glycan binding. In: *A Practical Guide to Using Glycomics Databases*. [S.l.]: Springer, 2017. p. 261–295. Citado na página 45.

STRATTON, M. Virtual reality journey through a tumour: Cambridge scientists receive £40 million funding boost. 2017. Disponível em: <<https://www.cam.ac.uk/research/news/virtual-reality-journey-through-a-tumour-cambridge-scientists-receive-ps40-million-funding-boost>>. Citado na página 24.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. [S.l.]: Editora SBC, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 41, 42 e 77.

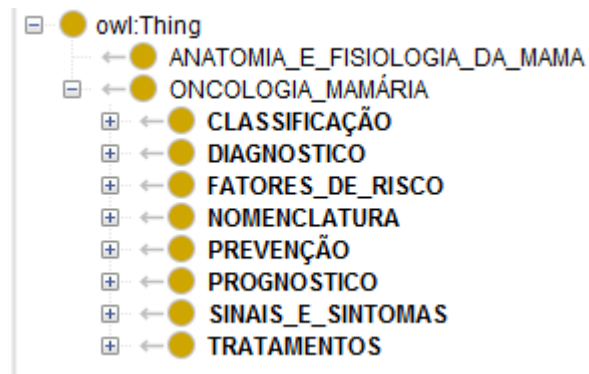
TORI, R. et al. Vida odonto: Ambiente de realidade virtual para treinamento odontológico. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 26, n. 2, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 77.

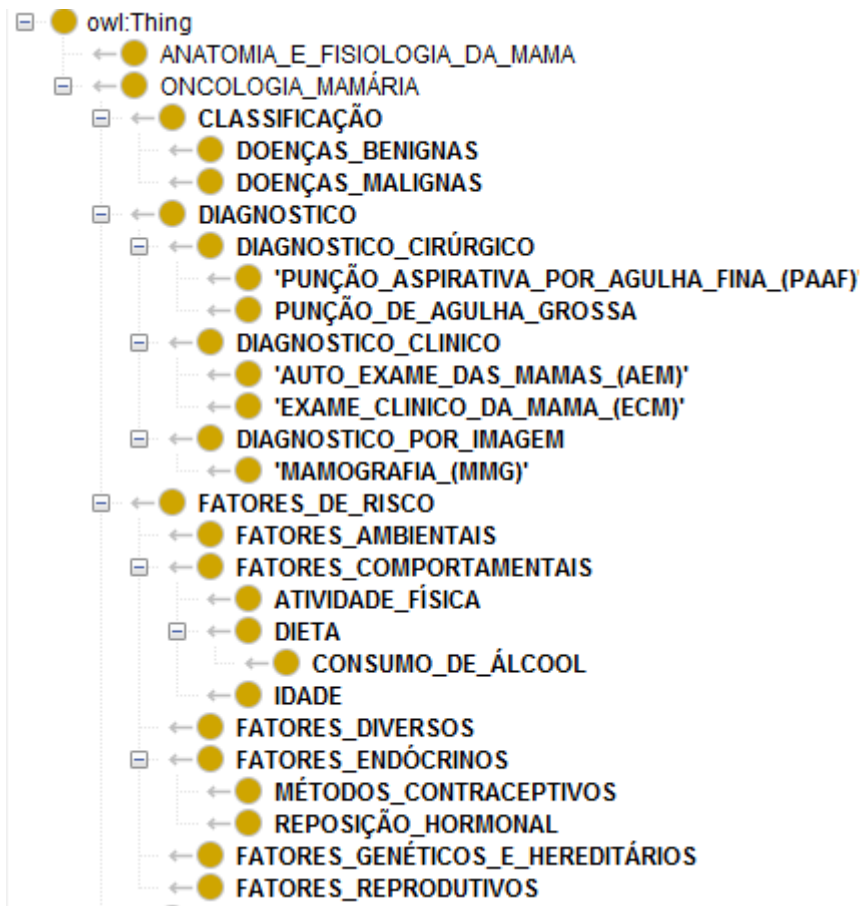
- UK, C. R. Cancer research uk, university of cambridge. 2019. Disponível em: [<https://www.cruk.cam.ac.uk/>](https://www.cruk.cam.ac.uk/). Citado 3 vezes nas páginas 24, 25 e 26.
- USCHOLD, M.; KING, M. *Towards a methodology for building ontologies*. [S.l.]: Citeseer, 1995. Citado na página 46.
- W3C. World wide web consortium escritório brasil. 2019. Disponível em: [<https://www.w3.org/>](https://www.w3.org/). Citado 5 vezes nas páginas 44, 45, 46, 50 e 64.
- WARDENSKI, R. de F.; STRUCHINER, M.; GIANELLA, T. R. Continuidade e descontinuidade de uso de tecnologias digitais de informação e comunicação por professores universitários das ciências e da saúde. *Ciencia & Educação*, Universidade Estadual Paulista, v. 24, n. 3, p. 621–638, 2018. Citado na página 21.
- WATT, A. *3D computer graphics*. [S.l.]: CUMINCAD, 1993. Citado na página 54.
- ZHANG, S.-X. *Atlas de histologia*. [S.l.]: Guanabara Koogan, 2001. Citado na página 29.

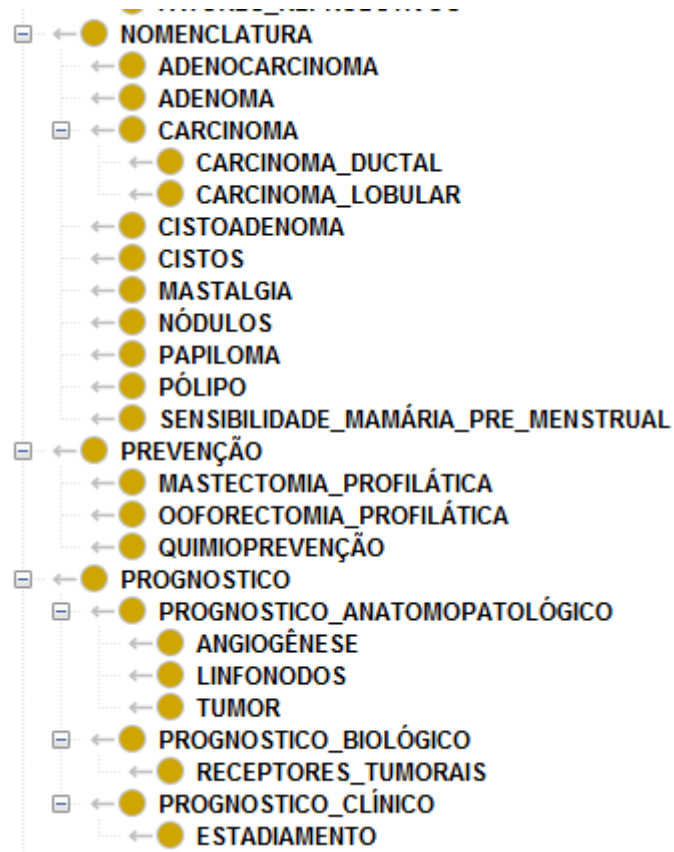
Apêndices

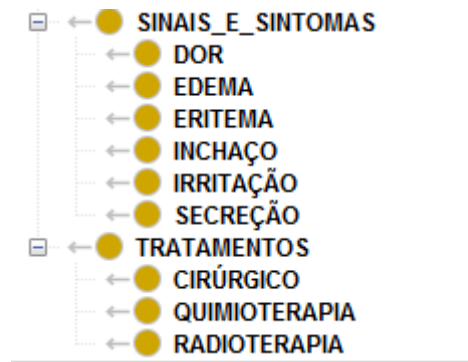
APÊNDICE A – Primeiro Apêndice

Os termos selecionados para compor a ontologia foram organizados conforme a hierarquia de classes.









As relações entre os objetos, também chamadas de propriedades, foram definidas da forma descrita a seguir.

